



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA**  
**División de Ciencias Sociales y Humanidades**  
**Licenciatura en Historia**

La hidroelectrificación en México. El caso de Necaxa, 1895-1906

Trabajo final que presenta la alumna Laura L. González Gutiérrez para obtener el título de  
licenciada en Historia  
Asesor: Maestro Javier Melgoza

México, D. F., Junio del 2003

---

Contenido

<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
Estado de la cuestión	5
Consideraciones teóricas y metodológicas	8
<b>CAPÍTULO I. LA ENERGÍA ELÉCTRICA Y LA SEGUNDA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL</b>	19
Los orígenes. Michel Faraday	20
La electricidad en la segunda revolución industrial	22
La tecnología en México	35
<b>CAPÍTULO II. EL ESCENARIO: 1884-1910</b>	40
Contexto	40
La industria y el sector eléctrico	46
Algunas conclusiones	51
<b>CAPÍTULO III LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE NECAXA</b>	54
De ‘las adversidades’ de la naturaleza a ‘las bondades’ del progreso. Historia del proyecto hidráulico.	55
La Mexican Light and Power Company y la ‘Consagración del Progreso’	68
Necaxa a la cabeza del viraje tecnológico: entre lo regional, nacional y mundial	79
<b>CONCLUSIONES</b>	86
	90

## Introducción

**E**l tema de la industria eléctrica ha estado en las primeras filas de discusión y polémica en las diferentes esferas de la sociedad: en lo político, social y económico. De igual forma, en la dimensión temporal, desde sus orígenes hasta la actualidad, la industria eléctrica se ha conformado como un eslabón fundamental de la modernidad. Es por ello que se pretende ofrecer un episodio de la historia del cual no se ha escrito la última palabra. No hay duda que el sector eléctrico sigue siendo un elemento clave para el desarrollo nacional y que ahora vuelve a ser tema de discusión en torno a su situación de capital: privado o público. Es un sector que ha estado a la vanguardia en tecnología. Es en esta discusión en donde quiero replantear el tema, como fondo su propia historia, la cual ha sido determinada por el calor de la discusión entre su nacionalización y privatización, entre nacionalismo y globalización. Abarcar todo el sector eléctrico sería ambicioso y francamente rebasaría mi capacidad de investigación, por lo que limitaré el estudio al sector hidroeléctrico, concretamente el caso Necaxa.

Los estudios realizados en torno a la historia de la industria eléctrica en México reflejan las limitaciones temporales y temáticas que ha impuesto la historiografía mexicana y hace pensar en una ausencia de la continuidad del proceso, el cual se encuentra determinado por los acontecimientos políticos y sociales.

Esta investigación plantea un acercamiento al estudio del hidroeléctrico que desempeñó un papel fundamental en el desarrollo de la industria eléctrica, desde sus orígenes a finales del siglo XIX y por lo menos hasta la primera mitad del siglo XX. Su importancia no sólo se encuentra ligada al desarrollo económico e industrial, sino que también afectó y determinó formas sociales. En México, por las características de su riqueza natural jugó un papel definitivo, desde sus orígenes, y por lo menos hasta 1950, en donde más del 50% de la producción total de energía era generada por este sector.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Así vemos que para 1889, de la capacidad total instalada en el país, solamente el 9.51% era de origen hidráulico, una década después correspondía al 38.8% y ya en 1926 la generación de energía por fuente hidráulica era de 63.3%. (De la Garza, 1994:18-19,50)

La investigación pretende estudiar el caso de Necaxa como una etapa fundamental en el desarrollo del sector hidroeléctrico durante el Porfiriato entre los años de 1895 y 1906. Esta periodización se encuentra justificada bajo los siguientes fundamentos. El primero se encuentra asociado al desarrollo mismo del sector que plantea diferentes etapas. La primera de ellas se ubica en sus orígenes en las dos últimas décadas del siglo XIX. La segunda en 1904, momento en que inicia una nueva fase de su desarrollo industrial caracterizado por la penetración de capital extranjero el cual tiene continuidad hasta los primeros años de la década de 1930.<sup>2</sup> En diciembre de 1905 comenzó a funcionar el gran sistema hidroeléctrico de Necaxa. El segundo motivo es referente a la importancia de la empresa que expone las características del sector: 1) en sus orígenes en manos del capital nacional<sup>3</sup> y a partir de 1904 la penetración del capital extranjero como el inicio de la consolidación en monopolios así como la absorción de las pequeñas plantas; 2) se presenta un cambio tecnológico, ejemplificado en el caso de Necaxa.

Un último motivo que me inclinó al estudio de Necaxa es su importancia dentro de la región central, como un estado que albergó de igual forma los dos tipos de capitales, tanto nacional como extranjero, y su posición dentro del mercado tanto nacional como regional. A partir de 1904 con la penetración del capital anglo-canadiense a través de la Mexican Light Co. y la Guanajuato Power Co. inicia el periodo de los grandes oligopolios (Galarza, 1941, 82). En este momento su expansión se caracterizará por la absorción de aquellas empresas de capital nacional que se encontraban alimentando a los principales mercados. Sin embargo esta absorción no fue abrupta sino paulatina.

---

<sup>2</sup> Ver Wionczek, 1967: 70-83. Este autor argumenta que las inversiones se suspendieron por dos razones fundamentales: la creciente intervención del estado en el sector y las repercusiones de las crisis de 1929. Otro corte temporal se extendería hasta 1944 que, desde el punto de vista tecnológico, se presenta un gran cambio con la inauguración de las plantas hidroeléctricas en Ixtapantongo. (De la Garza, 1994: 50)

<sup>3</sup> Si bien para el caso de la central hidroeléctrica de Necaxa la empresa que le dio origen fue de capital francés, las características de esta empresa se asocian a las presentadas hasta ese momento por el sector es decir la generación de energía eléctrica subordinada a una actividad industrial. Es precisamente con la Mexican Light and Power con quien surge la industria eléctrica como tal, una empresa que se dedica exclusivamente a la venta de este servicio.

Un sector que, sin imaginarlo, afecta a cada una de las actividades de las grandes ciudades, pueblos y comunidades, en donde su servicio se demanda, ahora, como un derecho básico de bienestar social y su ausencia es sinónimo de marginación. Es un sector que, en sus orígenes, como sinónimo de modernidad, ha estado a la vanguardia en tecnología frente a una sociedad caracterizada como tradicional: ¿Cómo se dió este proceso? El estudio de la planta hidroeléctrica de Necaxa será una primera fase de acercamiento al sector para poder distinguir algunas de sus características. Un primer punto a destacar es la centralidad de la industria eléctrica en la modernidad industrial y económica. El segundo punto es observar a la central de Necaxa como punto clave del desarrollo tecnológico del sector la cual representó la inauguración de una nueva etapa en la generación de energía, la cual modificó y determinó nuevos elementos tecnológicos. “La Mexican Light marcó la pauta en el desarrollo tecnológico del sector. En Junio de 1903 inició la construcción de lo que sería la primera central hidroeléctrica moderna, ubicada en Necaxa, Puebla. Así a finales de 1905 entró en operación” (Melgoza, 1987: 28). Esta tecnología implicó su adopción en las tres fases de su desarrollo: Generación, distribución y Consumo<sup>4</sup>. Lo que implicó, como consecuencia inmediata, enfrentarse a los problemas técnicos de construcción de una presa nueva en su género las paulatinas construcciones de las diferentes caídas que constituyen el sistema de Necaxa así como las etapas de construcción que abarcaron el sistema eléctrico, construcción de plantas de regeneradores, sistema de cableado, etc.

De lo anterior podemos plantear dos hipótesis generales: a) El porfiriato ha sido caracterizado como un periodo de transición hacia la modernidad. Es en este periodo en donde se establecen las principales estructuras de la modernidad mexicana, en este sentido la tecnología es también definida como un elemento que caracteriza a la

---

<sup>4</sup> Si bien intento abarcar estas tres fases de desarrollo el cuerpo central del trabajo se enfoca principalmente a la parte correspondiente a la Generación de energía, concretamente, a la obra cívil e hidráulica de este proceso. Lamentablemente durante la investigación el acceso a las fuentes fue complicándose. Algunos acervos que pudieron ser de gran utilidad como la Biblioteca del Museo Tecnológico de la Comisión Federal de Electricidad así como el Archivo del Sindicato de trabajadores de la Cía de Luz y Fuerza del Centro durante el periodo de investigación, el material se encontraba “fuera de servicio” por remodelación.

modernidad y sobre todo un factor esencial en el proceso productivo del sistema capitalista que se instala en México en el periodo mencionado. Es bajo el eje de la tecnología en que se tratará de reconstruir el impacto de la modernización a través de un sector, como lo es el hidroeléctrico reflejado en la aplicación de “nuevos conocimientos”, como lo es en la ingeniería civil e hidráulica y la forma en que se dio el proceso de adopción de la maquinaria b) La central hidroeléctrica de Necaxa se plantea como un espacio donde convergen y se entrelazan elementos encaminados a consolidar un sector clave dentro de un sistema productivo, caracterizado como capitalista. Propongo que es en esta etapa, de 1895 a 1906, cuando engarzan tres dimensiones: el aspecto internacional, regional y local; la primera como importadora de los elementos modernizadores; la segunda un vínculo entre la innovación y la adaptación a lo propio, el escenario para el proceso formativo de la sociedad capitalista autóctona; por último el espacio local, el cual considero que es el escenario de lucha entre lo moderno y lo tradicional.

## 1. Estado de la Cuestión

El estudio de la historia de la industria eléctrica en México durante las tres primeras décadas del siglo XX ha tenido pocas raíces en el círculo de académicos. Ha sido frecuentemente olvidada sobre todo bajo una óptica de la disciplina histórica. Una retrospectiva general de los estudios elaborados en torno a la industria eléctrica en México nos propone varias categorías.

La primera representada principalmente por ingenieros, economistas y uno que otro jurista muestra al sector eléctrico dentro del proceso de industrialización que vive México a partir de la década de 1930 hasta finales de 1950. ( ver Aboites, 2000). Este tipo de trabajos se caracteriza por exaltar o denunciar las realidades que vivió el sector durante este periodo. La contemporaneidad de los estudios con los procesos mismos de la industria es otra de las características. Los economistas contextualizan al sector eléctrico en el desarrollo económico del país, su participación en el PIB, la generación de empleos, su papel en relación con las demás industrias y sectores. Los ingenieros fueron los que tuvieron una gran preocupación, y una visión más amplia, frente a los problemas que implica el desarrollo de este sector lo cual se reflejó en los trabajos realizados.<sup>5</sup>

Una segunda categoría los representan los trabajos con más tinte social y político; se abordan temas referentes a la participación del estado como interventor y regulador sobre todo a partir de la creación de la Comisión Federal de Electricidad (CFE). Este tipo de estudios viene cargado con un fuerte pensamiento nacionalista y de esperanza en el futuro desarrollo de la industria eléctrica en México; este tipo de estudios tiene gran proliferación para finales de la década de 1960 y son influenciados por la víspera de la nacionalización de la industria eléctrica en México.<sup>6</sup>

---

<sup>5</sup> Herrera y Lasso, 1930; Galarza, Ernesto 1941; Lara Cristóbal, 1954.

<sup>6</sup> Guzmán Lazo 1979; Ponce Antonio 1976; Galván Rafael 1970; Ortega Mata 1961

La última categoría se encuentra muy ligada a la fiebre del interés por las organizaciones obreras-sindicales por lo que se ve a la historia de la industria eléctrica como una particular historia del sindicalismo en México.

La industria eléctrica ha sido tema de gran interés y polémica dentro de diferentes círculos de estudios. Sin embargo la forma de penetrar en el tema y plantear la problemática que gira en torno al sector se ha visto limitada tanto temática como temporalmente. Son particularmente tres los trabajos que estudian e forma extensa el sector eléctrico en México. 1) El trabajo coordinado por Enrique De la Garza (1992) titulado *La historia de la industria eléctrica*, organizado en dos tomos. Para mi interés solamente tomaré el primero el cual contempla los orígenes de la industria hasta su nacionalización. Es un estudio que si bien tiene como propósito abarcar diferentes niveles que van desde el estudio de las empresas del sector eléctrico, el cambio tecnológico y la relación del estado con la economía, su peso se inclina más hacia el estudio de la formación del sindicalismo electricista. Así como la paulatina intervención del estado en este sector, primero como árbitro regulador y posteriormente como inversionista público, a partir del análisis de la legislación que data de la década de 1920, es decir el antecedente de la ley de la industria eléctrica en México y los proyectos inversionistas a partir de la creación de la CFE en 1933. Otra gran limitación de esta obra es referente a la temporalidad que comprende. Si bien menciona algunos rasgos característicos del periodo antes de 1930, no profundiza más de lo conocido.<sup>7</sup> Parecería que la historia de la industria eléctrica inicia en cuanto la intervención del estado se hace presente. Sin embargo el libro hace importantes aportaciones referentes al uso de nuevas fuentes así como el estudio de las empresas del sector y destacar la importancia del factor tecnológico.

El segundo trabajo que estudia el sector eléctrico es el elaborado por Wionzcek, el cual tiene como interés fundamental el de explicar la relación existente entre el creciente nacionalismo mexicano, concretado con la nacionalización de la industria

---

<sup>7</sup> Un excelente trabajo que abarca el periodo antes de la creación de la CFE es el de Galarza, 1941

eléctrica, y las relaciones con el capital extranjero, a partir del fortalecimiento del estado mexicano. Para este autor el papel de la inversión extranjera ocasionó una ruptura innegable con un sistema anterior a partir del triunfo de la Revolución Mexicana y la consolidación del gobierno. Para éste el papel principal fue el de tratar de consolidar su régimen a través de amortiguar la gran dependencia económica con el extranjero, el cual fue parcialmente logrado argumenta el autor. El estudio que comprende el periodo antes de 1920 es esencialmente monográfico.

Por último, el tercer trabajo realizado por Galarza. Este estudio a pesar de ser uno de los primeros trabajos pioneros de la industria eléctrica en México, sigue siendo de insustituible referencia al ser de los pocos que trabajan el periodo inicial del sector (1889). El trabajo es el resultado de las reflexiones que causó la institucionalización de la revolución Mexicana y haciendo un balance de la situación el autor expone la historia de la industria eléctrica desde su origen hasta mediados de la década de 1930. Los temas de estudio que se abordan van desde el estudio de los capitales invertidos, las diferentes empresas involucradas en el desarrollo del sector, las diferentes problemáticas a las que se enfrentó la industria, así como a la relación entre el estado, bajo los diferentes regímenes las empresas, los usuarios, tanto a nivel regional como local. El autor dedica una parte muy importante a la reglamentación existente en torno a la industria eléctrica. Este estudio abarca las formas de producción eléctrica, hasta ese momento conocidas: hidroeléctrica y termoeléctrica. Respecto a la primera de ellas abarca el problema de las concesiones de agua, conflictos existentes, la relación de las compañías y los municipios, así como la interrelación con otras industrias y su dependencia para su desarrollo.

## 2. Consideraciones Teóricas-metodológicas

**A**ctualmente se han presentado nuevos enfoques dentro de la historiografía mexicana dirigidos a atender aspectos que habían sido desdeñados o bien, no entraban en “lo relevante” bajo determinada escuela historiográfica. De igual forma, viejos problemas surgieron con nuevas interpretaciones<sup>8</sup>. Una de estas líneas de estudio se enfoca a entender los procesos de transición de un mundo antiguo a un mundo moderno, como el surgimiento de las instituciones, tanto sociales como políticas y económicas, que soportaron una nueva etapa en la historia de México; más aún, cuáles son los hilos que perduraron a través de largos periodos, es decir entender la conformación y desarrollo de la sociedad moderna y el surgimiento de las instituciones políticas<sup>9</sup>. Otra línea de estudio se encuentra dirigida a atender el fenómeno económico bajo la óptica de los actores, es decir desde la perspectiva de la historia empresarial. A partir de que este tipo de estudios se encuentra estrechamente ligado a un enfoque regional, se han replanteado nuevas interpretaciones, en torno al papel de los empresarios, tanto mexicanos como extranjeros, sus actividades y su impacto en la economía regional y nacional. Dentro de estas nuevas interpretaciones, se plantea que en el período de 1860 a 1900 los grupos económicos adquieren una experiencia empresarial que, sin ninguna duda, facilitó el pasaje hacia otro tipo de quehaceres: industria fabril, bancos, agricultura especializada, ganadería, explotación forestal, transportes, minería, servicios (Cerutti, 1998:68). En el caso concreto de empresarios fabriles de la región poblana se volcaron a responder a las demandas de un mercado interno, a diferencia de las regiones del norte y la región yucateca que dirigieron su producción al mercado externo.<sup>10</sup> Otra característica que revelaron los nuevos estudios, para el caso de Puebla, fue el origen rural o semiurbano de no pocos de los capitales y de las fábricas textiles o de alimentos que se multiplicaron en la segunda parte del siglo XIX. Durante el

---

<sup>8</sup> Dentro de las obras clásicas que irrumpen en la historiografía mexicana se puede ver a Alan Knight, (1985) y John Womack (1978).

<sup>9</sup> Ver Romana Falcón (1998)

<sup>10</sup> Para el caso de Puebla puede verse la obra reciente de Colaria Gutiérrez (2000)

porfiriato comenzó a consolidarse, a mediados de los años ochentas, buena parte de las transformaciones que habría de caracterizar al periodo se encontraba en pleno desenvolvimiento por lo que debe de ponerse énfasis en la importancia que asumieron los capitales de origen regional en la estructuración de la sociedad capitalista mexicana. (Cerutti, 1998:71-75). Para el caso de la industria eléctrica su estudio puede partir de un enfoque de la historia empresarial el cual podría mostrar el impacto de la industria en sus diferentes fases de desarrollo dentro del cual es posible seguir el proceso mismo de expansión de los servicios, determinado tanto por el crecimiento del mercado como por las innovaciones tecnológicas adoptadas por las compañías abastecedoras de electricidad. Otro aspecto ha observar es el funcionamiento interno de las empresas en las cuales es factible distinguir los mecanismos diseñados para fortalecer y acrecentar tanto la oferta como la demanda de este servicio. También podría establecerse comparaciones entre los diversos “estilos” empresariales aplicados en función de sus éxitos y fracasos. (Parra, 1997: 32)

Este trabajo tiene como objeto de estudio analizar cómo fue aterrizando la “modernización”, a través de un sector, el hidroeléctrico así como la forma en que se fue adaptando. Propongo el análisis del factor tecnológico como eje central para abordar el tema de la modernidad a través de la aplicación de ‘nuevos conocimientos’ y el papel que desempeña esta aplicación en la conformación de la central hidroeléctrica de Necaxa. En un primer plano analizaré los elementos generales de la modernidad cómo se entiende, cómo se define, y de qué forma es aceptada, rechazada o adaptada. Posteriormente veremos algunos elementos históricos respecto de la tecnología.

### **A. Definiendo la modernidad:**

El desarrollo de las nuevas teorías de la sociedad ha obligado a los especialistas al replantamiento no sólo de problemas y de las formas de interpretación, sino han obligado, en el caso del historiador, a redefinir conceptos que limitaban la comprensión de una realidad. En nuestro estudio al tratar de observar una realidad, tal como lo muestran los diversos estudios sobre el tema que se ubica, por lo menos temporalmente, en una transición de un tipo de sociedad antigua a otra moderna, nos obliga a definir algunos conceptos que creo serán de gran ayuda para comprender mejor una sociedad determinada. La definición de la modernidad realizada por autores como Touraine (1998), parte en gran medida de lo que lo antecede y de lo que le sigue, en este caso de la destrucción de los órdenes antiguos por el triunfo de la racionalidad, objetiva e instrumental. Así, para el autor, la modernidad es obra de la razón que emana de la ciencia, tecnología y educación. El contexto en que la mayoría de los países se ha adentrado de estos elementos ha sido muy diferente: la voluntad de independencia nacional, las luchas religiosas y sociales, las convicciones de las nuevas élites han desempeñado un papel más importante que la propia racionalización, paralizada por la resistencia de las propias tradiciones y de los intereses privados. Este proceso ha sido visto bajo diferentes premisas e inquietudes. El pensamiento historicista ha realizado una gran labor en la formación de una “idea” con respecto a la modernidad. Para esta corriente, nos dice el autor, el progreso es el hacedor en la formación de una nación como forma concreta de la modernidad económica y social (dejando a un lado todo el bagaje creador de la modernidad propuesta en sus orígenes en el siglo XVI). De esta forma el progreso se liga exclusivamente a las formas de producción y trabajo, donde la industrialización, la racionalidad, la individualidad, la urbanización y la extensión de la administración pública se convierten en el fin a seguir. Por lo que creer en el progreso es construir un futuro ideal. Es en el pensamiento historicista en donde se asocia estrechamente la idea de revolución caracterizada por tres elementos: la voluntad de liberar las fuerzas de la modernidad; la lucha contra un antiguo régimen que obstaculiza

la modernización y el triunfo de la razón; la afirmación de una voluntad nacional que se identifica con la modernización. Por lo que la destrucción del orden antiguo y la búsqueda de un orden nuevo se dá através del progreso. Ante esta idea, y quizá contraria a ella, surge una visión en donde ya no se puede ver la unidad de un orden mundial. Se da una descomposición de la realidad, la cual hay que describirla, para comprenderla como el conjunto de los fragmentos descompuestos de la modernidad. Es decir todo lo que gira de forma excluyente de los elementos de la razón y el progreso. A partir de esta postura se tendrá que observar a los elementos no como parte de un mecanismo dentro de un sistema productivo que se encuentran en lucha o en búsqueda de una conciliación, sino como elementos que oscilan en diferentes esferas de una sociedad fragmentada. (Touraine, 1998) Otra idea de modernidad es elaborada a partir de observar las discontinuidades, las diferencias de las instituciones sociales tradicionales en relación a las ‘modernas’. Esta diferenciación parte al establecer los elementos de qué es lo moderno. Así, autores como Giddens (2002) plantea tres características esenciales de las instituciones sociales modernas: 1) un ritmo de cambio que se manifiesta en una celeridad y elementos dinámicos. 2) la extensión del ámbito del cambio con el cual se suprimen las barreras de comunicación 3) La existencia de un sistema político conformado por un estado-nación junto con una dependencia generalizada de la producción a partir de fuentes ‘inanimadas’ de energía y la completa mercantilización de los productos y del trabajo asalariado. (Giddens, 24) Sin embargo estos elementos no pueden ser entendidos sin reconocer la ‘multidimensionalidad’ de las instituciones sociales las cuales son observadas a partir de las formas de ‘desenclaje’. Para el autor el ‘desenclaje’ se presenta bajo dos mecanismos a) simbólicos, que se encuentran en la legitimidad política, dinero, etc. y que representan la separación del tiempo y el espacio es decir dos coordenadas que ya no se encuentran en el mismo plano, lo cual permite despegar determinadas formas de relaciones sociales de sus contextos locales para implantarlas en otro espacio y tiempo diferente. Sin embargo este elemento sólo puede ser posible al descansar en la noción de ‘fiabilidad’ y de ‘confianza’ lo cual lleva al segundo mecanismo, b) denominado *sistema experto* el cual simboliza la

confianza en el conocimiento generado y su aplicación. Esta necesidad de ‘confianza’ es la que lleva a la creación de aparatos, instituciones, organismos que la fomenten o bien que diluyan cualquier forma de duda o contingencia en contra de ella.<sup>11</sup> Si bien para Giddens existen cuatro dimensiones institucionales de la modernidad lo que más me interesa rescatar es su idea de *Industrialismo* el cual lo explica como la utilización de fuentes inanimadas de energía material en producción de artículos, “la noción de industrialización hace referencia a escenarios de alta tecnología donde la electricidad es la única fuente de energía”. Es decir la industrialización no puede explicarse solamente con la utilización de las máquinas en los procesos productivos sino que debe de entenderse como un elemento que afecta no sólo el centro de trabajo sino que se extiende al transporte, las comunicaciones así como a la vida privada, doméstica. (Giddens, 68)

Estos elementos me llevan a replantear el cuestionamiento frente a una visión predominantemente historicista, la cual había prevalecido en la tradición historiográfica mexicana de la cual pocos estudios, cada vez más abundantes, han podido “librarse”. Esta escuela, independientemente de sus grandes aportaciones, ha sembrado una idea errónea, casi siempre negativa, del antiguo régimen. Uno de los autores que ha planteado romper con este pensamiento es F. X. Guerra, quien ha hecho importantes aportaciones para el estudio de los procesos latinoamericanos y, en especial, mexicano.

Una de las principales propuestas planteadas por F. X. Guerra es el modelo de interpretación enfocado a describir los rasgos esenciales de las etapas de la evolución social de México durante el siglo XIX. El modelo interpretativo propone “no estudiar las diferencias entre realidad y lo que debería de ser, sino reconstruir lo que es; lo que es vivido por los actores” (1988:127) Observando el desfase entre la sociedad tal como era, y la imagen que las élites culturales modernas habían querido darnos. Estableciendo dos

---

<sup>11</sup> Como un ejemplo del sistema experto es el conocimiento generado por la Ingeniería que nos proporciona confianza al saber que una estructura x ha sido construída con la mejor vanguardia tecnológica para evitar catástrofes ‘naturales’. Esta confianza nos obliga a consumir cada vez más este tipo de conocimiento sin embargo qué sucede cuando a pesar de ello no se puede evitar un derrumbe o un incendio que destruya todo lo que se pensó como indestructible.

esferas paralelas; la primera las comunidades campesinas representadas en la antigua sociedad rural, así como sus códigos de valores, que permiten el establecimiento de sus relaciones sociales; por otro lado los “lugares sociales” en donde aparecen los actores políticos modernos.<sup>12</sup> La paz porfiriana da lugar a la reactivación de las formas de la sociabilidad moderna, a la puesta en marcha del trabajo ideológico, a la impugnación de la ficción en nombre de la referencia ideal. Mientras la forma social se encuentre fuera del universo cultural moderno deben de analizarse las relaciones entre sus componentes en función de sus propias reglas. Por un lado tenemos, como lo hace notar Louis Dumont, en las sociedades tradicionales las relaciones entre los hombres son más importantes, más altamente valorizadas que las relaciones entre los hombres y las cosas (en Guerra, 1988: 134).

Por otro lado tenemos la prosperidad, con sus ferrocarriles y sus telegráfo como la expansión demográfica y los movimientos migratorios estaban logrando que México, que era un conjunto de poderes fragmentarios- en perpetuo conflicto ante Díaz, se convirtieran progresivamente en un espacio de poder único, cuyos componentes regionales no tenían el mismo peso que antes. Así mismo y al interior de cada estado, y sobre todo, en los estados más dinámicos, aparecían nuevas relaciones de fuerza que ponían en peligro el equilibrio regional antiguo y, de rebote, todo el sistema político en la medida en que, como la cohesión política estaba, ahora asegurada por el centro, los desequilibrios locales afectaban enseguida al poder central (Guerra, 1988:50). Es en este contexto en donde surge, se divulga, la idea de individuo como el único actor posible de la vida social verdaderamente humana, lo cual es una idea radical frente a una sociedad que hasta entonces se conocía como actores colectivos. Este individuo caracterizado como un agente empírico, presente en toda sociedad se convierte en el ente de razón, el sujeto normativo de las instituciones. Esta concepción de individuo dentro de una

---

<sup>12</sup> Si bien el objeto de mi estudio no se centra en la formación de los actores políticos modernos es importante mencionarlos, ya que este autor los caracteriza como la clase política liberal compuesta, sobre todo por hacendados, es decir actores que han sido encerrados dentro de una sociedad tradicional. En contraparte, autores como Cerutti afirman la gran inquietud modernizante de estos actores desde la esfera

sociedad, con nuevas reglas, rechaza todo vínculo que no pertenezca al mundo de las sociabilidades modernas, es decir a las formas de la sociedad tradicional vistas, desde ahora, como servidumbre, fuera de una legitimidad y no por ello reales. Es en este periodo en donde se crea un nuevo imaginario social del “pueblo teórico” de lo que debe de ser ligado o fundamentado en la creación de un sistema de valores holistas, donde el progreso es el futuro, el fin a lograr (Guerra, 1988: 161).

### **B. Innovación y factor tecnológico: Modernización**

La aplicación de la tecnología fue un elemento fundamental para la consolidación de la modernidad. Sin embargo, como lo expresa Tortolero, fue también motivo de resistencia de una antigua estructura ante los acelerados procesos que culminó, combinado con otros factores, en la revolución encabezada por Madero. Es decir analizar el factor tecnológico no sólo como un cambio en los sistemas de máquinas y equipos y las formas de control técnico del proceso productivo sino como un fenómeno que rompe y modifica las estructuras económicas y sociales.

El factor tecnológico, como objeto de estudio ha sido interpretado y analizado, principalmente, por tres corrientes. La primera bajo la tradición positivista en donde se observa la tecnología como una forma de desarrollo necesario en el proceso productivo bajo el régimen capitalista. Una segunda corriente, emanada de la escuela de Frankfor, determina a la tecnología como una forma de poder y dominación. La tercera corriente, la marxista, encabezada por Raniero Panzieri rescata la noción de reestructuración tecnológica, en tanto que busca refutar las teorías objetivistas del progreso técnico que hacían suya la idea del desarrollo social mediante la dinamización acrítica del elemento tecnológico. Bajo esta postura se plantea que son las necesidades del capital las que imponen el cambio tecnológico es decir “Lo que distingue una época de otra, no es tanto lo que se produce sino la forma de producir medios de trabajo con los que se produce.

---

económica. Tal es el caso de importantes haciendas como “La Concha y Anexas” que desde finales del XIX innovaron la producción agrícola a través de la utilización de energía emanada de una hidrieléctrica.

Los medios de trabajo son la medida del desarrollo del trabajador e indican las relaciones sociales en las que trabaja”. Así para Panzieri, el concepto de tecnología no queda circunscrito a la idea de maquinismo, sino que incluye los métodos y la organización del trabajo en tanto racionalidad que se opone al obrero como un poder extraño que lo acosa y controla. La posibilidad de una lectura política de la tecnología resulta, afirma el autor, del carácter del espacio donde actúa: el proceso productivo. Por esto señala, Panzieri que las reestructuraciones tecnológicas en vez de ser concebidas como producto de la ley de la evolución material de las fuerzas productivas, deben verse en su articulación con la superestructura, y no disociada en esferas. Así, la base económica adquiere dinamismo histórico y rumbo, el cual no está predeterminado por leyes inviolables, sino que en esta concepción la historia resulta de un proceso constante de articulación y rearticulaciones entre objetividad y subjetividad (en Melgoza, 1987: 12-13).

Para Elster (1997: 13) las instituciones humanas se han visto determinadas por los cambios tecnológicos, pero hay que añadir que, también éstas presionan para dar lugar a su adopción. Así, el autor propone dos enfoques del cambio tecnológico; la primera puede ser concebida como una actividad “racional” dirigida hacia una meta, como la elección de la mejor innovación entre un conjunto de cambios posibles; la segunda como un proceso de ensayo y error, como la suma acumulativa de ciertas modificaciones del proceso de producción, pequeñas y en gran medida accidentales; es decir como “irracional”, ligada más a presiones coyunturales y sociales. El cambio tecnológico presenta diferentes variables, una de ellas es la innovación. Ésta se encuentra diferenciada de la invención, la cual es la creación de alguna idea científica, teoría o concepto que puede conducir a la innovación cuando se *aplica* a un proceso de producción. Un segundo lugar es la difusión, que es la transferencia de una innovación existente a un contexto nuevo. En tercer lugar se encuentra la sustitución que comprende el cambio en el proceso de producción sobre la base del conocimiento tecnológico existente. Por lo que la innovación como cambio del conocimiento tecnológico presenta tres aspectos: 1) la práctica, combinación de factores de producción utilizados en un

proceso específico; 2) técnica conjunto de prácticas que permiten cierto grado de sustitución entre factores, de manera que se pueda cambiar de una práctica que utiliza mucho de un factor y poco de otro, a otra que utiliza más del segundo y menos del primero; 3) tecnología disponible que comprende todas las técnicas conocidas. En el proceso de innovación actúan tres elementos; el innovador, el Estado que permite las innovaciones y los monopolios quienes tratan de apoderarse de gran parte de los réditos sociales. (Elster, 1997:86-98).

El autor nos propone cuatro escuelas que analizan desde enfoques diferentes el fenómeno del cambio tecnológico; la escuela neoclásica, la corriente encabezada por Schumpeter, la evolucionista y la marxista. Sólo tomaré elementos de la segunda pues rescata los elementos “irracionales” del cambio tecnológico. La teoría de Schumpeter ubica a la innovación como el motor del desarrollo económico en donde la idea explicativa clave es el empresario el cual se distingue como el agente económico que dinamiza el capitalismo (Neffa, 2000:96). Dentro de los elementos ‘irracionales’ que se derivan de la teoría de Schumpeter es que ‘el éxito de los empresarios depende de la intuición, de la capacidad de ver las cosas de un cierto modo, que luego resulta ser cierto y de captar el hecho esencial, descartando de lo que no es esencial aunque no puedan explicarse los principios por los cuales se realiza’. Las razones de tipo ‘psicológico’ son las que promueven la innovación en los empresarios quienes tienen expectativas y la voluntad para conquistar un espacio económico mediante el éxito, que es buscado no tanto por los resultados económicos que lo acompañan, sino por una finalidad en sí misma, respondiendo a una necesidad y a una satisfacción derivadas de la posibilidad de crear, de hacer que las cosas se hagan. (en Neffa, 2000: 97) La caracterización que realiza respecto a la innovación de empresa es, primero, la introducción de un nuevo artículo, que los consumidores, no conocen, o de una nueva calidad del producto; la introducción de un nuevo método de producción; la apertura de un mercado, en el cual no se introdujo previamente la rama particular de fabricación del país considerado; la conquista de una nueva fuente de suministro de materia prima o productos semifabricados; la realización de una nueva organización de cualquier industria, como la

creación de una posición de monopolio o la interrupción de un monopolio; las innovaciones no son respuestas a las necesidades, ya que con frecuencia crean la necesidad misma que satisfacen.

Bajo estas premisas cómo podemos explicar el cambio tecnológico el cual se muestra como una variable de la modernización vista desde el proceso de hidroeléctricación en el caso concreto de la central Necaxa. Es en este punto en donde se unen los elementos racionales-irracionales para dar explicación al proceso. Por un lado los factores modernizantes enraizados en la importación de los capitales extranjeros, caracterizados como grandes monopolios; por otro los factores modernizadores de la sociedad capitalista autóctona-regional, donde también convergen elementos irracionales que pueden explicar algunas de las actitudes de esta sociedad que transita entre lo moderno pero que no se desprende en su totalidad de factores caracterizados como tradicionales.

Para acercarme al tema he estructurado el trabajo en tres capítulos. En el primero titulado 'La energía eléctrica y la segunda revolución industrial' intento un acercamiento a los orígenes de la energía eléctrica a nivel mundial<sup>13</sup> el cual será un parámetro para entender sus generalidades y algunas particularidades para el caso de Necaxa, pues como veremos es, en primer lugar, resultado del conocimiento científico y tecnológico; es decir es obra de la 'razón' elemento clave dentro de la modernidad, pues como ya vimos ésta emana de la ciencia, tecnología y la educación y todo en nombre del progreso. Como segundo punto veremos que con el desarrollo de la energía eléctrica y el descubrimiento de nuevos materiales se va incorporando a los procesos productivos, siempre de la mano del conocimiento tecnológico; extendiéndose cada vez más su importancia dentro del proceso de industrialización así como el perfeccionamiento de su

---

<sup>13</sup> El término mundial es una exageración en realidad los principales conocimientos de la energía eléctrica y su aplicación se dieron en los países que encabezaban el proceso de industrialización: Inglaterra, Francia, Alemania y Estados Unidos. Aunque en la generación del conocimiento de la electricidad estuvieron involucrados grandes personalidades de muchos otros países quienes quedaron a la sombra de aquellos que se apropiaban de este conocimiento a través de su compra y el ejercicio de la patente.

aplicación. Junto a esto, nuevos elementos se van agregando, las barreras de la comunicación se van suprimiendo y la aplicación del conocimiento de nuevas disciplinas como la ingeniería civil e hidráulica. Para poder comprender este último punto trate de esquematizar la conformación de una central hidroeléctrica sus generalidades y sus principales obras pues sería innecesario avanzar sin el conocimiento básico de las principales obras civiles y de ingeniería. Por último abro un parentésis en torno a la forma en cómo se ha visto la tecnología en México, pues considero que su penetración tuvo un antecedente importante antes de que ingresaran tecnologías consideradas de 'vanguardia'. La 'modernización' de México, vista a través de la tecnología hace pensar en una trayectoria que viene desde la colonia, que se agolpa con los procesos que vienen de occidente. Es decir la aplicación de tecnología en México tiene sus propias dinámicas de ensayo y error. Un ejemplo muy claro de ello es el de la ingeniería la cual se afronto a nuevos retos de la transformación de la naturaleza en el contexto del surgimiento de un estado-nación.

Como ya vimos un elemento esencial de la modernidad es la existencia de un sistema político conformado por un estado-nación junto con una dependencia generalizada de la producción de fuentes 'inanimadas' de energía. Por lo que en el capítulo II veremos el 'escenario' en que estos dos elementos tienen lugar: 1) la conformación de un Estado en donde la ausencia de unidad caracterizan al México decimonónico, veremos también los esfuerzos de este Estado encaminado a lograr la centralidad a través de diferentes mecanismos: las políticas económicas y el gran esfuerzo por sustentarse en el desarrollo de una infraestructura cimentada en la inversión extranjera. 2) las características de la industria en el momento de la adopción de la energía eléctrica y en especial las peculiaridades del sector hidroeléctrico. Finalmente, en el capítulo III trataré de exponer la forma concreta en que dá inicio una etapa de la hidroelectrificación en México, en el caso concreto de Necaxa. Para ello utilizo una serie de informes y correspondencia establecida entre la Secretaría de Fomento y las compañías involucradas en la Central hidroeléctrica.

## Capítulo I. La energía eléctrica y la segunda revolución industrial.

“El filósofo debe ser un hombre dispuesto a escuchar todas las sugerencias, pero determinado a juzgar por sí mismo. No debe dejarse influir por las apariencias, no debe tener hipótesis favorita alguna; no pertenecer a escuela alguna; en doctrina, no poseer maestro alguno. No debe de aceptar criterios de autoridad, sino de realidad. La verdad debe ser objetivo primario. Si a estas cualidades se agrega la laboriosidad, puede en verdad aspirar a hablar dentro del templo de la naturaleza.” Michael Faraday

**P**ara la ciencia la era moderna inicia con las leyes de la mecánica de Newton, un nuevo lenguaje circula entre los grupos sociales, progreso y ciudadanía hacen eco en los salones de discusión. El nacimiento de la industria eléctrica fue resultado de aportaciones derivadas de conocimiento empírico y científico a diferencia de los avances tecnológicos del siglo XIX que emanaron directamente de las necesidades inmediatas de los sistemas de producción. Si bien el desarrollo de la industria se encuentra muy ligado a los avances científicos existieron también otros factores fundamentales para su desarrollo: la ingeniería: civil, hidráulica, geohidrología; también la utilización y explotación de materiales ligados a la construcción: nuevas mezclas de cemento y la utilización de los minerales llamados industriales. En este apartado veremos cómo se presentó el cambio tecnológico a partir del engrazamiento de estos elementos en el contexto de la segunda revolución industrial. Realizaré una revisión general del desarrollo de este sector que me ayudaran a ubicar el desarrollo tecnológico y la forma de cómo se dio en el contexto mundial.<sup>1</sup> Una de las preguntas que me surgieron al iniciar este trabajo es; como fue que la economía mexicana se enrolo en el sistema capitalista con la utilización de tecnología de punta siendo (por lo menos así

---

<sup>1</sup> Para este apartado tome como libros de referencia acerca de la historia de la Tecnología: Forbes *Historia de la Técnica*, FCE, 1958; Derry (1991), Mason, (1988), y para el caso concreto de México, Sánchez Flores *Historia de la tecnología y la invención en México*, México, Fomento Cultural Banamex, A. C. , 1980.

lo delata la historiografía mexicana) que apenas se estaban conformando los factores del sistema productivo (mercado interno, mercado laboral, infraestructura, vías de comunicación, etc.). Porque como veremos la utilización de la energía eléctrica y sus aplicaciones estuvieron muy apegados al ritmo que marcaron los países industrializados. La introducción de capitales extranjeros bajo el cobijo de las políticas económicas de Don Porfirio Díaz es una respuesta puntual, pero no explica las dinámicas internas, los choques, las formas peculiares en que se adoptó esta tecnología y la consecuente cultura e ideología que emana de estos acontecimientos. Para ello trataré de indagar, hasta donde las fuentes me lo permitan, la forma de esta adopción y su contenido tecnológico en el caso concreto de Necaxa. (Por ejemplo después del triunfo del gobierno revolucionario en la década de 1920 da inicio una magnífica generación de ingenieros civiles, hidráulicos que transformaron el paisaje urbano y rural)<sup>2</sup>.

### **1. Los orígenes. Michel Faraday**

La transición de la electricidad como ciencia experimental a la electricidad como industria de plena utilidad se ubica con la demostración práctica de la inducción electromagnética llevada a cabo por Michael Faraday, y de la que se pasó informe a la Royal Society el día 24 de noviembre de 1831: al cabo de muy poco tiempo ya se fabricaban generadores electromagnéticos para ser vendidos al público. Este acontecimiento marcó el inicio de un fenómeno que determinaría a cada uno de los habitantes de la tierra: el establecimiento de la relación entre electricidad y magnetismo. Si bien para entender esta relación pasó mucho tiempo y la dedicación de varias generaciones de científicos en septiembre de 1831 Faraday utilizó la interacción de los campos eléctrico y magnético para producir el movimiento mecánico. Primero el 3 de septiembre, hizo que un cable recorrido por una corriente eléctrica girase en torno a un imán fijo; al día siguiente hizo que un imán girase en torno a un cable por el que pasaba una corriente. Aunque el aparato de Faraday era puramente experimental y no se pretendía sacar de él ninguna

---

<sup>2</sup> Para observar el papel de los Ingenieros en la consolidación de un Proyecto de Estado ver Aboites, 1997, 1998 y 2000.

utilidad práctica representaba un gran paso hacia delante. No sólo había diseñado el primer motor eléctrico, sino que, un dinamo es, en líneas generales un motor eléctrico que funciona al revés, había mostrado el camino hacia la conversión de la energía mecánica en energía eléctrica. Aunque todavía tendrían que resolverse muchas dificultades prácticas, se había hecho posible el desarrollo de la moderna industria de la electricidad. (Derry, T.K.,1991:893)

El 28 de octubre de 1831 realizó otro experimento con el que resultó el prototipo del generador eléctrico, el cual producía una corriente continua a partir del magnetismo. El dispositivo consistía en un disco delgado de cobre que rotaba, alrededor de su eje, entre los polos de un imán permanente. Dos conductores hacían de conductor deslizante, uno en la orilla del disco y otro en el eje- y ambos extremos finalmente quedaban unidos a un galvanómetro para cerrar el circuito. El galvanómetro indicaba que, mientras el disco girara, se produciría una corriente continua.

Al producir electricidad a partir del movimiento mecánico Faraday inventó el generador eléctrico, pero aún tuvieron que transcurrir 50 años para que se construyeran generadores eficientes y para que se acelerara aún más la Revolución Industrial, también fue necesario que transcurrieran varios años para que aceptaran las líneas de campo, hasta que James Maxwell entró en escena, en 1856, cuando publicó su trabajo titulado *Sobre las líneas de Fuerza de Faraday*, en el que empleaba el lenguaje matemático que requerían los descubrimientos de Faraday. También en 1864 Maxwell demostró que los cambios eléctricos y magnéticos se propagaban como ondas y finalmente, en 1873, seis años después de la muerte de Faraday, publicó su *Treatise on Electricity and Magnetism*. (Carmona, 2001:27)

Uno de los principales descubrimientos realizados por Faraday es la detección de las corrientes eléctricas en circuitos conductores, inducidas tanto por otros circuitos con corriente como por imanes permanentes.

En el artículo en *Philosophical Magazine*, Faraday escribió:

Mi objetivo es considerar qué tanto el magnetismo es una acción a distancia (como se piensa que es la gravedad); o qué tanto posee la naturaleza de otros fenómenos (como la luz y la electricidad), cuyas líneas dependen, para la comunicación de fuerza de agentes físicos intermedios. (en Carmona, 2001:45)

En realidad las grandes aportaciones de Faraday, no sólo a la física sino también a otras disciplinas como la química, la electromecánica reflejan la sólida base experimental de sus concepciones *teóricas sobre las líneas de fuerza*. Su propio comentario sobre el papel que estas líneas jugaban en sus trabajos es el siguiente:

He estado tan acostumbrado a usarlas y especialmente en mis últimas investigaciones, que sin querer pude haberme prejuiciado en su favor, y dejando de ser un juez con una visión clara. En todo caso, siempre he tratado que el experimento sea la prueba y el controlador de la teoría y la opinión; pero ni eso ni el examen minucioso en principio, me han señalado que haya algún error en su uso. (Carmona, 2001:46)

## **2. La electricidad en la segunda revolución industrial.**

A finales del siglo XIX dio inicio una nueva fase en el desarrollo de la tecnología, la cual hasta entonces se había basado en el progreso de la ingeniería mecánica. Esta nueva fase se caracterizó por la introducción de un nuevo factor, la electricidad. Si bien es un fenómeno ya conocido en los siglos XVII y XVIII fue hasta la década de 1880 cuando su uso se dirigió a sectores más amplios, primero relacionado a las actividades económicas más importantes minería, textil y después a los servicios de alumbrado y de uso público. Pero fue también pieza clave para el surgimiento de nuevas industrias. A partir de entonces la electricidad se convirtió en la principal fuente de energía y, especialmente de luz.

Desde este momento de la historia del desarrollo de la industria eléctrica durante el siglo XX da inicio y se puede reseñar bajo tres apartados generales: producción, distribución y utilización.

## **Producción**

El primer generador mecánico fue expuesto en París, menos de un año después de que Faraday leyese en 1831 su ya clásica comunicación ante la Royal Society, por un fabricante de instrumentos, Hippolye Pixii, cuyo generador movido a mano, tenía las bobinas fijas, mientras que el imán en forma de herradura, giraba en torno a ellas. Pero antes de haber pasado otro año se exhibió en Cambridge, en una reunión de la British Association for the Advancement of science, una máquina que empleaba el principio opuesto, es decir, unas bobinas giratorias y un imán fijo; este es el sistema que hoy se usa por lo general y en 1834 ya se fabricaban en Londres con destino al comercio, generadores de bobinas giratorias.

Los primeros generadores producían corriente alterna: esto es, la dirección del flujo eléctrico cambiaba constantemente, con una frecuencia que dependía de la velocidad a que se hacía girar la máquina. Ello se consideraba una gran desventaja, pero a finales de siglo se verificó que para su uso en gran escala la corriente alterna tenía grandes ventajas sobre la continua. Otro descubrimiento importante fue el principio de autoexcitación, en el año de 1866. La importancia de este descubrimiento era que hacía de el generador eléctrico autosuficiente, es decir, una máquina a la que sólo había que poner en marcha para que produjese electricidad tanto tiempo como fuese necesario.

En la década de 1880, se comprobaba más que la corriente alterna tenía una serie de ventajas prácticas decisivas. Uno de los factores más importantes era que en conducciones a larga distancia las pérdidas de energía eran mucho menores para altos voltajes que cuando se utilizaban voltajes bajos, y por razones técnicas los generadores de corriente continua de alto voltaje a un voltaje menor para su uso ordinario se efectuaba fácilmente por medio de un transformador, cuyo principio había sido enunciado por Faraday en 1831, aunque habría de pasas unos 50 años para que su uso se

generalizase. Por otro lado el acoplamiento de alternadores en las centrales eléctricas producía grandes dificultades prácticas. La discusión dio un giro decisivo a favor de la corriente alterna cuando en 1893 George Westinghouse lo adoptó en los primeros generadores hidroeléctricos, instalados en las cataratas del Niágara. Aún se instalaron una gran cantidad de centrales de corriente continua, e incluso hoy cuando la corriente alterna es casi universal, para usos comunes, todavía existen algunas regiones aisladas donde la red eléctrica se abastece con corriente continua.

La creciente necesidad de electricidad fue causa de la atención se dirigiese hacia las posibilidades de utilización de una de las más antiguas fuentes de energía mecánica, la rueda hidráulica. La primera gran instalación eléctrica, diseñada para tener una capacidad final de 200.000 c. v se comenzó a instalar en Niágara en 1886. Tras 16 años de estudios, inicialmente se había pensado equiparla con turbinas Jonval, pero finalmente en 1895, la Niagara Falls Power Company utilizó las turbinas centrífugas Fourneyron, cada una de las cuales generaba 5.500 c. v. Muy pronto se adoptaron turbinas de tipo Francis las turbinas de Jonval también se utilizaron allí en fecha muy temprana. A pesar de que los sistemas hidroeléctricos adquirieron mayor importancia, su funcionamiento satisfactorio necesitaba una excepcional combinación de condiciones locales y una considerable inversión de capital.

Los motores eléctricos son de dos tipos principales: el más frecuente es conocido como el motor de inducción, y el otro como el motor síncrono. Ambos fueron obra del brillante y excéntrico inventor de origen croata: Nikola Tesla, quien intuyó las ventajas de la corriente alterna y en 1888 había registrado una serie de patentes para dinamos, motores y transformadores de corriente alterna que vendió a Westinghouse.

La turbina hidráulica y la de vapor eran bien conocidas antes del siglo XX. De hecho la primera turbina hidráulica de Benoit Fourneyron, generalmente considerada como el antepasado directo de los motores modernos de este tipo, apareció en 1827. Era una turbina de flujo centrífugo y mucho antes de 1900 habían aparecido importantes variantes, basadas en el flujo de axial o el flujo centrípeto. La rueda de Pelton, tosco comienzo de otra línea de desarrollo fue inventada en la década de 1870.

A principios de este siglo sólo había dos tipos de turbina hidráulica realmente importantes: la turbina de reacción de Francis, de flujo centrípeto, y la rueda de Pelton o turbina de acción.

En la turbina de Francis, que funciona totalmente sumergida, el agua procedente de una serie de inyectores periféricos se dirige hacia los álabes sujetos aleje vertical giratorio. La potencia del chorro es proporcional a la altura del agua por encima de la instalación. En 1903, la empresa Canadien Niagara Power Company tenía una serie de turbinas Francis dobles que funcionaban bajo un salto de agua de 40 m. generaban 10.000 c.v. a 250 revoluciones por minuto. En 1923, se había instalado en Niagara turbinas francis de 70.000 c.v. El proyecto de embalse Grand Coulee, en el río Columbia, cuya primera fase entró en funcionamiento en 1941, incluía unidades de 115.000 c.v. que trabajaban bajo un salto de 148 m.

Una variante de la turbina de Francis es la desarrollada entre 1910 y 1924 por Víctor Kaplan, un ingeniero checo. En ésta el rotor universal se asemejaba a una hélice de barco y se puede graduar el paso de los álabes durante el funcionamiento de la máquina que permite una alta eficiencia con cargas variables. Rinde más bajo saltos de agua relativamente pequeños, de hasta 30 m las turbinas Kaplan son relativamente caras de construir y no resultan económicas en todas las situaciones. La turbina Deriaz, desarrollada por English Electric combina las características de ambas turbinas la de Francis y la de Kaplan.

En la turbina de acción, un chorro de agua incide sobre unos álabes curvados o cucharas de forma elipsoidal, fijadas al extremo de un rodete, que idealmente invierten por completo el flujo de agua. En las primeras máquinas las cucharas estaban atorilladas al rodete, pero a partir de 1920 empezó a fabricarse en una sola pieza fundida, innovación introducida por la empresa Gilkes de Gran Bretaña. Al mismo tiempo esta empresa introdujo la turbina de turboacción. En esta un chorro de agua golpea una de las caras del rodete y es vertido a través de álabes curvados sujetos a la otra cara; esta disposición mejoraba el rendimiento para un tamaño dado de rueda. A mediados del

siglo, las mayores instalaciones de tipo Pelton en el mundo eran las de Sao Paulo en Brasil. Generaban 78.000 c.v. a 360 r.p.m. bajo un salto de agua de 670 m de altura.

El desarrollo de las turbinas hidráulicas planteó formidables problemas de ingeniería, muchos de los cuales procedían de las piezas giratorias. Ya a comienzos del siglo, éste podía superar las 100 toneladas. Otro problema era el fenómeno conocido como cavitación. En pocas palabras ésta es debido a la formación de vapor de agua que se hunden cuando chocan con una superficie sólida. Ello da lugar a una especie de martillazo insignificante en sí pero capaz a lo largo de un periodo prolongado de tiempo de corroer la superficie metálica lo bastante como para provocar fallos mecánicos. Por desgracia para los diseñadores de las turbinas la cavitación es más seria a las altas velocidades que intentan lograr. La década de 1880 vio el comienzo del reconocimiento de las ventajas económicas de las centrales eléctricas que generaban electricidad de alto voltaje y la distribución a grandes zonas: la aceptación de este principio trajo consigo nuevos problemas de distribución, tanto prácticos como económicos.

### **La distribución.**

Los cimientos de la industria de suministro eléctrico ya habían quedado firmemente establecidos en 1900. S. Z. Ferranti en Gran Bretaña y George Westinghouse en Estados Unidos se habían dado cuenta que el futuro de la industria, al igual que el de la industria de gas, unos ochenta años atrás, no estaba en la generación local sino en la generación en grandes estaciones centrales que abastecieran a grandes áreas. Implícita en esta concepción estaba la transmisión de altas tensiones para evitar excesivas pérdidas de energía; esto a su vez implicaba el uso de corriente alterna en lugar de continua debido a que los generadores de corriente continua de alta tensión son relativamente difíciles de construir. No obstante en ciertas circunstancias la corriente continua tenía aplicaciones importantes. Además se puede reducir fácilmente una corriente alterna de alta tensión a una baja tensión mediante un transformador, un dispositivo sencillo que no tiene partes móviles. El suministro alterno, sin embargo, sí presentaba una dificultad si la demanda era tal que había que tener generadores funcionando al paralelo: en este caso

era difícil de mantener el suministro en fase. Las turbinas hidráulicas también podían funcionar a velocidades altas por lo que se desarrollaron sistemas hidroeléctricos allá en donde las circunstancias eran favorables. La construcción de la primera gran instalación de este tipo se inició en Niágara en el año 1886. (Derry, 1991:905-906)

Hacia 1900, ya habían aparecido los principales rasgos de la moderna industria del suministro eléctrico: la generación central de la corriente alterna de alta tensión que podía ser reducida para uso local. Una de las principales tareas de la industria del siglo XX era lograr un alto grado de estandarización con el fin de permitir un uso universal de los aparatos eléctricos, aunque para 1900 el impacto social era todavía pequeño.

Una de las ventajas que da la industria eléctrica como forma de generación de energía frente a las demás es que reutiliza para la generación de otro tipo de energía, tales como energía mecánica en los motores o bien en energía térmica, o más frecuentemente en Luz. Como ya se mencionó, la historia de los primeros tiempos de la generación se realizó bajo el modelo de la industria del Gas: una multiplicidad inicial de pequeñas empresas, suscitadas, entre otros factores, por las dificultades potenciales de la generación a gran escala, que se fusionaron gradualmente en un número mucho menor de compañías mayores, aunque a lo largo del período que nos ocupa las empresas pequeñas sobrevivieron en pequeñas comunidades demasiado remotas para justificar una extensión a partir de las empresas grandes. En 1900 había más de 3,000 compañías de electricidad en Estados Unidos de las que el 20% eran municipales. En Gran Bretaña, en cambio, algo más de la mitad de las 250 compañías suministradoras eran de propiedad municipal. En Estado Unidos y en muchos otros países, la industria siguió siendo en gran medida de propiedad privada aunque, como servicio público, estaba necesariamente sujeta en todas partes a un grupo considerablemente de control gubernamental. En Gran Bretaña, la intervención gubernamental fue más amplia, acaso debido a que, según las normas internacionales, la situación de la industria era caótica. En 1925 se estableció un consejo nacional de electricidad para construir una red nacional que conectara entre sí un número relativamente pequeño de centrales grandes (en México se creó la CFE en 1933): se escogieron 58 estaciones operativas incluyendo 15 nuevas, y se reacomodó el

cierre de otras 432. Para fines de 1935, la red estaba prácticamente completa con 4.600 Km. De líneas principales y 1.900 km se secundarias. Mediante un acuerdo, el Consejo comparaba toda la electricidad generada y la revendía a los distribuidores. Este acuerdo se perpetuó cuando en 1948 se nacionalizó la industria eléctrica; la responsabilidad de la generación y del suministro quedó separadas. Por entonces se habían hecho pocos progresos en el cierre de las centrales pequeñas, de las que subsistían 300.

En los primeros años de su creación la industria eléctrica cualquier empresario con un gusto por las operaciones técnicas podía montar una pequeña empresa de suministro de electricidad. Tales empresarios no tenían ninguna necesidad de preocuparse por los problemas de estandarización y, en consecuencia, se ofrecía una notable diversidad de suministros. Estaba, como ya lo hemos mencionado, la cuestión fundamental del suministro de la corriente continua (c.c.) o corriente alterna (c.a.). Probablemente se pueda decir que para 1900 la cuestión se había decidido a favor de la corriente alterna para el suministro público en general; pero todavía 50 años más tarde había bolsas de consumidores que recibían suministros de corriente continua. A parte de la elección entre c.c. y c.a. las otras dos variables principales eran la tensión y la frecuencia (en el caso de la corriente alterna). Se favoreció la alta tensión para la distribución con el fin de evitar excesivas pérdida de energía, ya en 1889, Ferrari instaló alternadores de 10.000 voltios en la central eléctrica de Deptford, a unos 11 kilómetros del centro de Londres, que fue la precursora de las modernas centrales de generación de electricidad. Pero la tensión suministrada a los consumidores variaba considerablemente de un lugar a otro. (Derry, 1991:106)

En 1900, los mayores turboalteradores del mundo eran dos máquinas de 1.500 kw suministradas por Parsons a Elberfeld, Alemania. Tan sólo cuatro años más tarde, las máquinas diseñadas para la central de Carville, Newcastle, operaban a 6.000 kw, muy por encima de la capacidad para la que fueron diseñadas. (Derry,1991:108)

La distinción entre transmisión y distribución no es muy clara. En términos generales podemos considerar la transmisión como el transporte de la electricidad desde el punto de generación hasta el área de suministro, y la distribución como su transporte

posterior, a través de subestaciones, hasta el consumidor. En la transmisión puede tratarse de distancias muy considerables incluso en un país poco extendido como Gran Bretaña, la terminación de la red nacional en 1935 dio como resultado casi 5.000 km de líneas de transmisión primaria (66.000v) y 2.000 km. De líneas secundarias (33.000v).

Para la transmisión a larga distancia por campo abierto se podían instalar cables aéreos de alta tensión sujetos a torres metálicas, aunque con las crecientes tensiones el aislamiento en los puntos de suspensión se volvía problemático, especialmente con tiempo húmedo o glacial. Pocos rasgos visibles resumen mejor la tecnología del siglo XX que aquellas decenas de miles de kilómetros de cable aéreo atravesando el paisaje rural sobre largas filas de postes. (Derry, 1991:113)

En las zonas urbanas, sin embargo, y para la distribución final a los consumidores, eran necesarios cables subterráneos, aunque eran mucho más caros. Para éstos, era preciso un aislamiento continuo contra la humedad. Para los cables que soportaban cargas ligeras, se empleaba aislamiento de caucho, pero a comienzos de siglo se empleaba betún vulcanizado para cable de gran carga. El pionero en su fabricación fue W. O. Callender, el cual importó asfalto de Trinidad a Gran Bretaña para revestimiento de carreteras. También se usaba yute impregnado con resina o petróleo. En Estados Unidos el aislamiento de papel fue introducido en la década de 1880 por la Norwich Wire Company.

Las instalaciones de servicios subterráneos tendían a estar colocadas muy juntas; esto sucedía a menudo con los cables eléctricos y las líneas telefónicas y frecuentemente llevaba a interferencias con el servicio telefónico como consecuencias de inductancias. Para superar esto, en 1886 R. S. Waring introdujo en Estados Unidos conductores concéntricos, separados por materiales aislantes. El mismo principio fue empleado por Ferranti para su cable de 10.000 voltios desde Deptford a Londres. El caucho y el yute demostraron ser insatisfactorios, por lo que rellenó su cable tubular con parafina.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> En el caso mexicano según la información propuesta en los contratos con la secretaría de Fomento, los cables eran aéreos y aisladores de porcelana

### **La utilización de la electricidad**

La utilización de la electricidad es imposible sin su control efectivo, y en este contexto hemos considerado dos dispositivos fundamentales: el transformador y el interruptor. El principio del transformador es muy sencillo: si sobre un anillo de hierro se enrollan un circuito primario y otro secundario, una tensión alterna en un circuito inducirá una tensión alterna en la otra, y las dos tensiones estarán en una relación proporcional al número de vueltas de cada devanado.

### **Ciencia, ingeniería y nuevos Materiales**

Junto al desarrollo del equipo y la maquinaria necesaria para la generación de energía también se dió el descubrimiento y la utilización de nuevos materiales para los nuevos fines. Por ejemplo uno de los principales problemas de la conducción es la pérdida de energía para lo cual hay dos maneras de evitarla: emplear un buen conductor y utilizar tensiones altas. Los mejores conductores son los metales, y los más frecuentes son la plata y el cobre. (Derry, 1991: 110) Pero para llegar a esta conclusión se pasó por un largo camino de experimentación, la búsqueda de nuevos materiales para cada uno de los procesos de generación y distribución de la energía eléctrica. Así Forbes señala “la historia de la tecnología y de la ingeniería es, en primer lugar, la historia de la conquista de los materiales” En este sentido la ingeniería desempeñó un papel fundamental para la consolidación de la industria eléctrica pues muchos de sus problemas surgían en el proceso de la aplicación del conocimiento científico. Así la utilización de materiales, diseño y aplicación de los proyectos fueron resultado de decisiones tomadas a partir del conocimiento de las ciencias pero también de nuevas experiencias. A lo largo del siglo XIX las principales construcciones eran encargadas cada vez más a arquitectos e ingenieros de carrera, aunque la mayoría de la edificación y de la construcción en pequeña escala de todas clases continuaban siendo realizadas por pequeñas firmas que empleaban métodos empíricos. Sin embargo el atributo de la ingeniería es cada vez más difundida y ligada a la construcción de grandes obras. Es decir el desarrollo de la inge-

nería estuvo apegado a dos factores principalmente: la construcción de grandes obras encaminadas a la consolidación de una infraestructura que sirviera de telón para la industria y las nuevas condiciones del mercado. Y el surgimiento de un estado como promotor de estas obras y parte de su consolidación en una clase de profesionistas que se caracterizaron por los ideales del progreso basado en la ciencia.<sup>4</sup> Así vemos que para el caso de Francia, la escuela de Puentes y Caminos (1747) proporcionó al Estado empleados dotados de una formación sólida, muchos de los cuales dejaron posteriormente el servicio para entrar a la industria privada. (Forbes, 187.)

Además de los elementos ya señalados el desarrollo de la ingeniería hidráulica y civil fue de gran importancia para la consolidación de la industria eléctrica. Todavía a mediados del siglo XIX en Francia, pues la construcción de la obra civil, principalmente la presa requería estudios de la región en particular, de suelos y materiales a utilizar y si estos se podían localizar en la región o bien recurrir a la importación en caso de que fuera necesario. En algunos casos, como veremos, la utilización de materiales locales fue de gran ayuda.

Materiales: El descubrimiento, perfeccionamiento y la aplicación de los materiales fueron parte fundamental en el desarrollo de la ingeniería civil. Son dos los tipos de materiales que revolucionaron los métodos de construcción. 1. La utilización de ladrillos como base para la construcción y el surgimiento del cemento portland. Así Joseph Aspin, en 1824 había obtenido, por calefacción de una mezcla de cal apagada y arcilla un producto que denominó cemento Portland pero el verdadero inventor del cemento Portland fue I. C. Johnson que en 1844 combinó la información práctica obtenida por Aspdin con las investigaciones científicas de Smeaton, Vicat, Frost, Parker y otros y calentó a mezcla a temperaturas de vitrificación, obteniendo así por primera vez cemento hidráulico artificial. Para 1890 el cemento portland había logrado el perfeccionamiento de los métodos para su fabricación (Forbes, 252). Otro tipo de materiales para la

---

<sup>4</sup> Esta idea surge con los trabajos de Aboites referente al papel de los ingenieros en la consolidación del estado postrevolucionario, pero también en la trayectoria de los ingenieros y su papel desempeñado durante el porfiriato como promotores de ese nuevo progreso pero también con la reservas de un progreso sin el control de un estado nacional.

contrucción fue la puzolana italiana que es un tipo de cal para mezclar que da una cualidad hidráulica, cualidad esencial para el endurecimiento e impermeabilización bajo el agua. 2. Metales industriales: del hierro al acero, de la plata al cobre. A lo largo del siglo XIX la utilización del hierro para las construcciones fue incrementándose. Sin embargo para principios del siglo XX las cualidades del acero, más resistente y ligero, desplazó al hierro. De igual forma la búsqueda de metales con características conductoras fueron insistentes hasta el descubrimiento del cobre como elemento conductor y económico.

Hasta aquí hemos visto algunos elementos que emanaron del conocimiento científico y tecnológico, que dieron lugar al surgimiento de la industria eléctrica. Pero como ya vimos la ingeniería civil e hidráulica cumplieron un papel fundamental en el desarrollo de grandes obras en especial de una central Hidreléctrica (CH). Para una mejor comprensión de la estructura que constituye una CH a continuación muestro algunos elementos que la caracterizan.

Por instalaciones se entiende al complejo de obras civiles, hidráulicas y eléctricas que permiten transformar en energía eléctrica la energía potencial o cinética que contiene el agua de las caídas, los embalses o los ríos. (Enríquez:1982:85)

Presas: los diques de las presas son empleados para crear el almacenamiento, el cual puede ser un lago artificial de capacidad considerable por lo que se trata normalmente de obras civiles de gran tamaño que ayudan a la solución de grandes problemas técnicos y económicos de los sistemas eléctricos, pero tienen una relación directa con la agricultura. Con relación a las características de la obra, los diques se clasifican en: 1) de gravedad; 2) de Arena. Los diques de gravedad a su vez se clasifican en: a) de piedra; b) de tierra; c) bloque de concreto. Una presa ligada a una central hidroeléctrica puede cumplir tres finalidades:

- Una concentración de un desnivel de un río para producir una caída de agua
- La creación de un gran almacenamiento de agua capaz de regularizar el nivel
- del flujo.

- Con una elevación del nivel del agua para facilitar la entrada del agua en un canal, en un túnel o una tubería que se use para alimentar la casa de máquinas (turbinas)

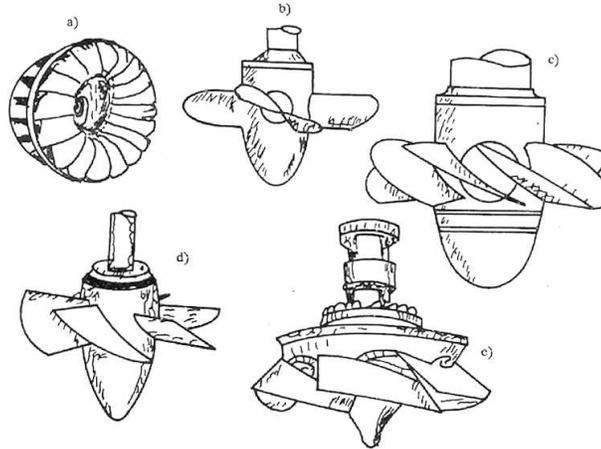
Cortinas, pueden ser, a) de arco múltiples, b) cortinas de acero, c) cortina fija

Las directrices para la selección del tipo de presa se determinan por estudios de tipo económico y técnico.

Las turbinas hidráulicas: convierten la energía cinética o potencial en energía mecánica existen dos tipos de turbinas: a) turbinas de reacción y b) turbinas de acción.

- a) turbinas de reacción elementales son usadas por lo general en los aprovechamientos hidráulicos de pequeñas y mediana altura.
- b) Turbinas de Acción se utilizan en saltos elevados y el tipo de turbinas son además de las francis, kaplan y hélice son las turbinas pelton.

Los tipos de turbina son dos de tipo vertical y horizontal tanto pelton como francis esta última es más lenta.



Turbinas Hidráulicas a) Francis, b) Kaplan, c) Kaplan doble álabe d) Hélice, e) Kaplan diagonales. (Juárez, 1992)

### **Clasificación de plantas hidroeléctricas<sup>5</sup>**

Por la posición de la casa de máquinas respecto a la cortina, las plantas hidroeléctricas pueden ser:

- 1) hidroeléctricas de río
- 2) hidroeléctricas con casa de máquinas junto a la cortina
- 3) hidroeléctricas con derivación. Son aquellas en donde la casa de máquinas se encuentra considerablemente alejada de la obra de toma en el vaso. Las derivaciones suelen tener longitudes de decenas de kilómetros. Las hidroeléctricas con derivación se construyen en lugares montañosos, en donde, cuando se aleja la casa de máquinas con respecto al vaso, se obtiene un incremento notable en la altura aprovechable por la planta. En esta forma se incrementa la potencia y la energía de la planta. Las plantas de derivación no pueden tener potencias muy grandes a pesar de que su altura puede alcanzar 1 600 metros o más.

### **Obras Principales:**

- 1) Obra de retención, presa o dique. Para formar un embalse se requiere construir una cortina. Una presa debe de ser de menor extensión y mayor profundidad.
- 2) Obra de toma. Se encarga de captar el agua del embalse y canalizarla hacia la derivación o directamente a la tubería de presión de la turbina.
- 3) Obra de derivación. Su función es conducir el agua hasta el lugar donde se instalará la casa de máquinas, de tal manera que se tenga un incremento substancial de la altura. La longitud de las derivaciones pueden ser de decenas de kilómetros.
- 4) Obra puesta a presión. La puesta a presión del agua se realiza en el vaso (presa) cuando la derivación es a presión y cuando la derivación es abierta al final de ella se construye una presa de regulación diaria que alimenta las turbinas a presión.

---

<sup>5</sup> Esta información fue extraída de Dolores Juárez, 1992.

- 5) Tubería de presión de la turbina o tubería de la turbina. Todas las plantas hidroeléctricas modernas trabajan en el agua a presión, ya que de lo contrario la eficiencia resulta muy baja.
- 6) Casa de máquinas. Es el edificio que alberga al equipo básico (Turbinas y generadores) y al equipo auxiliar, o sea, todos los dispositivos indispensables para que el equipo básico pueda funcionar adecuadamente.

Obra de desfogue. El desfogue es la conducción del agua que sale de la turbina hasta el lugar de descarga. Puede ser túnel, canal o simplemente no existir en ciertos tipos de planta.

### **3. La tecnología en México**

El estudio de la tecnología en México ha sido determinado por los ritmos marcados por las economías occidentales y apartir de ello se ha calificado este fenómeno. De ahí que se permitan generalidades respecto al fenómeno y no se haga incapie en las formas peculiares de adopción tecnológica. Una visión más amplia al análisis del fenómeno tecnológico propone una historia social de las técnicas (Saldaña, 1983) en donde éstas no pueden ser consideradas solamente desde el punto de vista económico sino que requiere de la comprensión de los aspectos cognoscitivos, sustantivos y procesales de las técnicas (teóricos y prácticos) que están vinculados, en última instancia al trabajo, a su destreza y a su racionalidad. Poner a las técnicas en relación a las circunstancias sociales que han favorecido o estorbado, desarrollado, transformado o ahogado el impulso técnico del hombre. Por lo que la historia social de las técnicas propone el entendimiento de la significación social que establece la relación entre el hombre y la naturaleza. (Saldaña, 1983: 432-436)

El desarrollo de la ciencia y en especial de la tecnología en México se ha observado a partir de dos enfoques principalmente: 1. Quines señalan el contraste en relación a los patrones marcados por la visión panamerieurocentrista en donde la función del estado (elemento fundamental para el engarce del sistema capitalista, desarrollo científico-tecnológico) fue superior a la participación de la iniciativa privada como

promotora de las actividades científico-tecnológico y como consecuencia la importación de tecnología con la presencia creciente del capital extranjero. 2. Quienes han trabajado historia regional y empresarial han puesto a la luz las características de la técnica y tecnología peculiares no sólo de los empresarios mexicanos sino también de otros grupos sociales ajenos a las formas de producción capitalista. Así vemos en forma general que estas dos corrientes lejos de ser contrarias son complementarias para la reconstrucción del tema propuesto. Sin embargo son pocos los trabajos que se han realizado en torno a la historia de la tecnología en México, dentro de ellos el trabajo de Sánchez Flores (1980) muestra importantes elementos que caracterizan la innovación y tecnología en México.<sup>6</sup>

Como ya se ha mencionado enfáticamente, el surgimiento de la industria eléctrica dependió del desarrollo industrial que se vivió durante el Siglo XIX, quienes no lograron entrar en la primera fase de la revolución industrial con la máquina de vapor, lo harían con una nueva fuente de energía: la eléctrica. El desarrollo de nuevas aplicaciones de la electricidad, en países como Alemania y en Estados Unidos, quienes superaron en cierta medida el uso de la energía de la máquina de vapor y la iluminación de gas, carac-

---

<sup>6</sup> Los intentos de “Modernización” a través de la maquinización provienen desde la colonia y los intentos por enganchar a la Nueva España al tren del progreso de la primera revolución industrial no se hizo esperar. La máquina de vapor perfeccionada por Watt en 1776 tenía que llegar a la Nueva España y así Carlos IV confiado en que esta máquina multiplicaría las labores mineras en Nueva España y el Perú se apresuró a enviar una orden el 2 de noviembre de 1804, en la que pedía se efectuase una amplia averiguación para ver si serían útiles a las minas profundas bombas de fuego como las recién adaptadas en las minas de Alnadan. Como respuesta un informe rendido al virrey Iturrigaray el 14 de marzo de 1804 manifiesta: “Las bombas requerían de considerable cantidad de combustible de carbón de piedra que no había en las cercanías de las minas; que alimentando las calderas de estas máquinas únicamente con leña en muy poco se destruirían los pocos bosques de las regiones montañosas cercanas a las minas; que estas máquinas requerían además de gran cantidad de agua que tendría que ser conducida a altos costos; que su precio y su adquisición e intruducción eran demasiado alto, que teniendo en cuenta lo que tendrían que gastar desde su encargo en Londres hasta su instalación la empresa resultaba inrealizable, que el monarca antes de impender estas sumas fuera informado de que las máquinas de “columna de agua” eran menos costosas y podían ser útiles aunque sólo se aplicaban al desagüe.” Finalmente se exponía que, “Reconoceré V.E. que la constitución física de estos países, las disposiciones locales y las de los mismos dueños de las minas, no permiten adoptar con gran generalidad los diferentes medios que se han inventado en Europa para el desagüe y que es preciso contentarse con usar ya de unos ya de otros, modificándolos según permitan y exijan las consecuencias” Real de Minas vol. 28 Informe de Fausto de Elhuyor 14 de marzo de 1804 exp s/n AGN citado en Sánchez F. (254-255, 1980)

terísticas de la fase anterior de la revolución industrial, adoptando más rápidamente que Gran Bretaña el uso de la electricidad para la iluminación y la transmisión de energía. Además, como el caso de Norteamérica, donde la densidad de población era entonces pequeña y las distancias entre poblaciones vecinas grandes, los medios eléctricos de comunicación resultaban particularmente importantes. (Mason S., 1988: 158) No sólo la generación de energía eléctrica y su aplicación significó grandes ventajas sino el sistema de distribución fue clave sobre todo en regiones en donde sus características geográficas no permitían un desarrollo energético.

Para el caso del sistema hidroeléctrico de Necaxa recoge todas las ventajas que pudiera ofrecer la combinación de las bondades de la naturaleza (Veremos como son apreciadas las caídas que conforman el río de Necaxa) en medio de una región rodeada por importantes centros económicos. Vemos por un lado no sólo la adopción de tecnología de punta sino nuevos retos de la ingeniería civil y por otro lado una sociedad fragmentada parte de ella conformada por elementos ajenos a este nuevo reto tecnológico y por otro una sociedad representada por un estado en vías de consolidación. Por lo que se observa, el desarrollo tecnológico en México tuvo su propio acoplamiento, ajeno quizá al marcado por los países potencia, como característica su alto grado de vanguardia pero adaptado, modificado, diferente.

A los vertiginosos avances tecnológicos que caracterizaron a la industria eléctrica se acompañó el desarrollo y surgimiento de nuevas industrias como el acero, la química y sus diferentes aplicaciones encaminadas a la perfección de los materiales para construcción. Vemos por ejemplo que para la construcción de puentes la utilización de hierro fue general para finales del siglo XVIII y la primera mitad del siglo XIX. Sin embargo se siguió buscando un nuevo perfeccionamiento pues se vió que en construcciones de grandes estructuras con gran peso el hierro era un material poco resistente lo cual aceleró el surgimiento y perfeccionamiento del acero. El desarrollo de esta tecnología se encaminó a inaugurar una nueva etapa de la ingeniería denominada de la “gran hidráulica” o de la “ingeniería de las grandes presas”. Esta se manifestó en la construcción de grandes complejos con fines hidroeléctricos y más tarde, por lo menos en México, en

proyectos de irrigación. Estas nuevas presas, que en realidad constituían caídas artificiales de agua, introdujeron severas modificaciones al paisaje en especial en el curso de las corrientes fluviales: inundaron pueblos y tierras, regularon el curso de los ríos. Por otro lado, la explotación hidroeléctrica hizo ver virtudes en donde antes se veían defectos: la abundancia de caídas de agua en lugares cercanos a una gran ciudad como la capital del país era única en el mundo. (Aboites,1998:56-57)

Las presas con fines hidroeléctricos se construyeron en México con base en un conjunto de nuevas técnicas y con materiales igualmente novedosos, como el concreto, lo que marcaba una diferencia sustancial con las presas de piedra y cal (la famosa mampostería), cartera o los simples bordes de tierra y las tradicionales presas de céspedes, ramas y piedras que derivaban el agua de los ríos y cuya fragilidad obligaba a reconstruirlas después de grandes avenidas que las arrasaban. Las nuevas presas resultaban mucho más resistentes debido a su atributo de ser menos sensibles a cambios de humedad y temperatura. La ingeniería de presas fue desarrollando mejores soluciones de diseño de materiales y también intentó hacerlas cada vez más baratas, lo que ha sido clave en el desarrollo de estos proyectos.

La construcción de grandes presas implicaba varios cambios lógicos significativos. No sólo se había perfeccionado la exploración geológica para conocer la estructura del suelo y del subsuelo en el sitio de la cortina sino que se habían introducido nuevos diseños y nuevos materiales. (Aboites,1998:58-59)

En México, las presas que sintetizan el avance de la electricidad como rama industrial propiamente dicha y el avance de la ingeniería de presas son las de Necaxa y la Boquilla; en ambos casos es evidente la vinculación con la industria minera. La de Necaxa era un sistema de presas destinado a la generación de electricidad a partir del aprovechamiento de la corriente del río del mismo nombre, afluente del Tecolutla, en el estado de Puebla.

**Características de algunas presas construidas en México (1891-1955)**

Nombre	Año de conclusión	Corriente	Tipo	Cortina (metros)		Capacidad de almacenamiento (mil m3)
				Altura	Longitud de Corona	
Yuriria	1550	Lerma	PG	12	ND	21
Ñadó	1800	Ñadó	PG	26	180	7
El Peinado	1891	Peinado	PG	52	137	1.5
San José	1905	Santiago	PG	30	120	9
Necaxa	1909	Necaxa	ER	58	372	43
Boquilla	1916	Conchos	PG	70	259	2985
Requena	1919	Tepejí	ER	32	230	81
Don Martín	1930	Salado	CB/TE	35	1225	1385
A. Rodríguez	1937	Tijuana	CB	73	579	137
Angostura	1942	Bavispe	VA	81	178	1230
Palmito	1946	Nazas	TE	95	330	4055
M. R. Gómez	1946	San Juan	TE	47	5890	2630
M. A. Camacho	1946	Atoyac	TE	85	425	497
Sanalona	1948	Tamazula	TE	81	1031	1095
A. Obregón	1952	Yaqui	TE	90	1457	4200
Mocúzari	1955	Mayo	ER	72	780	1376
Infiernillo	1963	Balsas	ER	149	350	12000

Nota: las primeras dos y la última se incluyen como simple referencia

PG= Gravedad; ER= Enrocamiento; CB= Contrafuertes TE= tierra VA= Arco

Fuente: SRH, *Presas Construidas en México*, en Aboites, 1998:62

## Capítulo II: El escenario: 1884-1910

**L**os ecos de la paz, progreso y unidad empiezan a inundar los salones de la política, el triunfo del partido liberal impone un nuevo lenguaje, desglosa un nuevo pensamiento e inicia la construcción de una idea de país. Las políticas se encaminaron a consagrar el progreso, no hay más verdades. El estado tendría que desempeñar un papel esencialmente pasivo, más bien como fiador de los derechos básicos, económicos y personales del individuo el cual era el instrumento del crecimiento económico.

### 1. Contexto

Al comienzo del Porfiriato el escenario predominante en que se encontraba la realidad mexicana se vislumbraba como una serie interminable de pequeñas unidades económicas, ajenas a la economía de cambio, autárquicas, que producían para su consumo inmediato cuanto necesitaban, y que sólo buscaban en el mercado de fuera aquellos elementos de vida que siéndoles imposible producir eran, sin embargo, imprescindibles, tal, digamos una herramienta de cierta complicación.<sup>1</sup> (Cosío Villegas, 1964)

Esta situación fue cambiando paulatinamente como consecuencia de diversos factores. La estabilidad política y la seguridad personal consiguiente, dejaron de hacer aventurado el movimiento de personas y bienes. Esta estabilidad política encaminada a la consolidación de instituciones que reflejaran las nuevas necesidades de un gobierno con un proyecto económico de mercado, la creación de una legislación que favoreciera este proyecto y que se vio reflejada en las principales ramas de las actividades económicas fomentando la inversión, la adopción de nuevos procesos productivos, a través de la adopción de tecnología, fomento del comercio, y con ello la creación de un mercado interno. La estabilidad política también determinó la política exterior al dirigirla al

---

<sup>1</sup> Lo que puede ser leído como la búsqueda de tecnología (nuevos procesos productivos) como elemento para la unión del mercado interno “tradicional” con una economía capitalista.

mundo liberal representado por los países industriales: Inglaterra, Estados Unidos, Francia, Alemania. Las vías férreas que fueron tendiéndose con más lentitud de la deseada comunicaron de modo directo o indirecto grandes zonas del país antes aisladas entre sí, unieron un mercado local con otro, fundiéndolos poco a poco, para hacer un solo mercado regional, más amplio y más homogéneo. Junto con estos factores, el surgimiento y consolidación de las nuevas y diferentes instituciones políticas, sociales y económicas que tanto han caracterizado al régimen. Sin embargo estos argumentos en el contexto de nuevos estudios nos llevan a plantearnos más preguntas, si fue realmente una economía autóctona, cómo se presentó el cambio en el sistema económico. Cómo se estableció esta articulación con sus dinámicas internas entre un mercado local, regional y posteriormente mundial. En este sentido el desarrollo alcanzado por algunas industrias como la minera y la textil implicaron la utilización de innovadora tecnología comparable a la más avanzada de la época. Vuelven a plantearse las mismas preguntas en torno a cómo fue posible este gran cambio.

Para autores como Rosenzweig (1992) México ya avanzaba hacia el desarrollo industrial antes de iniciarse el Porfiriato. Los cambios sin embargo, fueron tan lentos, que no eran percibidos por personas “sólo sensibles a los adelantos súbditos”. La industria progresaba no obstante las persistentes conmociones sociales y políticas, la carencia de vías de comunicación y la pobreza de los capitales disponible, los errores de los gobernantes y otros factores no menos adversos “Las verdades económicas del liberalismo, decía Guillermo Prieto, alcanzaban el rango de preceptos sociales”. (Rosenzweig, 311-312)

En efecto el autor rastrea el origen de este proceso de industrialización y lo ubica más allá de la República Restaurada, en el año de 1840 en donde nuevas fuerzas surgieron al fundarse fábricas que ya aprovechaban las enseñanzas de la Revolución Industrial europea como los motores de vapor, los husos y telares mecánicos. Sin embargo este temprano desarrollo fabril fue una combinación entre las antiguas manufacturas artesanales y la moderna industrialización, ya perceptible durante los años de la República Restaurada. En cambio la industrialización que se origino en el Por-

firiato estuvo estrechamente ligada, con el predominio de capitales extranjeros, el desarrollo de las vías de comunicación, pero además de ello ligado dinámicamente con la creación y desarrollo de mercados a nivel local, regional, nacional y mundial. Es importante destacar que si bien durante el Porfiriato la industrialización se acelera y se consolida, ya tiene un antecedente que data de 1840 es decir medio siglo de preparación de un mercado, de políticas, acciones, en general de una mentalidad claramente dirigida hacia una dinámica de mercado. Si pensamos en la conformación de este mercado se piensa en la integración de una nueva forma de relaciones dentro de una sociedad, de sus miembros, individuos y grupos, comunidades, instituciones que se crean pero también que se transforman para poder encajar en una nueva dinámica, Rosenzweig propone algunos fenómenos dinámicos que van a la par de esta integración. Por un lado la creación de un mercado interno, acompañado de una creciente urbanización la cual se caracterizaba por ciudades ya constituidas pero en un acelerado crecimiento. También el surgimiento de nuevas ciudades: puertos, puntos de comercio vinculados al transporte, a la expansión de la minería, a la agricultura comercial, actividades manufactureras, es decir un mercado interno que se desarrolló a expensas de un mercado dirigido al exterior. El desarrollo de la industria nacional se subordinó a la capacidad consumidora de las clases media y popular de la ciudad y el campo. Así, para inicios del siglo XX la población alcanzó su plena intensidad de formación y ensanchamiento del mercado interno (Rosenzweig 317-318). De esta forma la activación del mercado interno dependía del gradual desplazamiento de las costumbres y hábitos de los consumidores. Por lo que se tenía que generar capacidad para el consumo produciendo un cambio en la mentalidad de la población pero también dándole las posibilidades económicas. En este sentido la población susceptible tendría que ser el campesinado ligándolo a las nuevas formas económicas y los trabajadores quienes poco a poco se iban integrando a la nueva "realidad".

Otro elemento en transformación se presenta en la composición de la industria. La cual estaba integrada, por un lado, por fuertes rasgos del antiguo sistema artesanal. La industria de las artesanías que no sufrieron el asalto de la nueva economía mundial.

Por otro lado otro tipo de industria con mayor alcance en un amplio consumo: la nueva industria, fábricas modernas, de capital nacional y extranjero. La cual tuvo como características la aparición de sociedades anónimas; mecanizadas según la técnica de entonces; surgimiento de nuevas industrias; inicio del forjamiento del moderno proletariado industrial mexicano; innovación en los procesos productivos, íntimamente vinculados con los cambios en las formas de aprovechamiento de la energía motriz y en las fuentes de que se extraía; utilizar para el uso industrial y comercial de la materia prima, mayor explotación y consumo; dependencia con el exterior de importaciones que alentaban el desarrollo manufacturero.

Después de 1899, año culminante de la prosperidad pacífica, el desarrollo industrial se desbordó hacia nuevos sectores, particularmente en el campo de los bienes de producción; Su expansión y diversificación derivó en requerimientos cada vez mayores de la minería, los transportes, el desarrollo urbano y otros ramos de actividad habían creado demandas capaces de sustentar una producción interna de nuevos productos químicos, como los explosivos, múltiples artículos metálicos; materiales para la construcción entre ellos el cemento, y sobre todo hierro y acero en variadas formas. Aparecieron también algunas grandes fábricas de bienes de consumo, como la de calzado, en ramos cuyo desarrollo se había rezagado, y para los cuales había ya un gran mercado nacional. Los datos de algunas industrias ilustran estos fenómenos. La producción de cemento, prácticamente nula al principio del siglo XX, llegó a 75 mil toneladas en 1911 y cubrió entonces el 55% del mercado nacional.

Indudablemente un elemento indispensable en el desarrollo de las nuevas formas económicas fue el surgimiento de una nueva mano de obra. La cual, según Rosenzweig, se caracterizaba por una habilidad tradicional del operario mexicano y su capacidad para asimilarse a técnicas más avanzadas y adaptarse a procesos más complejos. A medida que fueron instalándose nuevas máquinas y propagándose el uso de herramientas antes desconocidas, los obreros mexicanos pudieron dominarlas generalmente después de pe-

ríodos de observación y adiestramiento al lado de técnicos extranjeros traídos a las nuevas fábricas. (Rosenzweig, 407)

El desarrollo económico proyectado por el gobierno de Díaz sólo pudo ser posible con la consolidación de las políticas económicas, sociales y políticas encaminadas a la modernización del país. Las cuales tenían como eje central acciones para favorecer a individuos quienes tradicionalmente apoyaban al presidente y otras más para acomodar a otros nuevos grupos que aparecían en el escenario económico a fin de hacer que estos grupos fueran productivos para el mercado interno y a la vez someterlos a un control nacional. (Kroerber, 1994: 25). Es decir cualquier forma de actividad económica y productiva tenía que ser sometida al proyecto económico nacional y por tanto mundial. Pero lo pregunta que surge aquí es cómo estas economías se encontraron, se acoplaron, o se enfrentaron.

La hipótesis de que la reactivación de la economía, ha sido la más trabajada, se sustentaba en la fórmula de fomentar la inversión extranjera, la cual hizo a través de cinco estrategias: 1) Proporcionar seguridad a las personas y a la propiedad de la gente adinerada; 2) incrementar la confiabilidad de la ayuda del gobierno a los dueños de propiedades grandes y productivas; 3) proporcionar un servicio mejor y más rápido a las empresas privadas y a los dueños de las propiedades a gran escala, incrementando el número de burocratas; 4) ofrecer todo tipo de estímulos a los inversionistas extranjeros; y 5) continuar alentando la construcción de nuevas infraestructuras como ferrocarriles y obras portuarias. Estas líneas generales de política contenían numerosos programas e incentivos especiales diseñados para industrias únicas o para individuos de importancia personal o política para el presidente. (Kroerber, 27-28) Es decir el proyecto económico sólo era una parte, muy importante, de un proyecto nacional que abarcaba el desarrollo de las instituciones tanto políticas como sociales que garantizaran la consolidación del mundo moderno en México.

Para lograr estos objetivos el presidente se valió de las propias instituciones como el congreso que se dió a la tarea de emitir leyes que les permitieran ejercer su proyecto el cual tuvo además de la impliación económica un efecto en el proceso

político enfocado a la consolidación del poder central representado en la presidencia. En general las políticas ejercidas por el gobierno de Díaz eran emisoras de “alentadoras señales” para individuos y grupos empresariales interesados en invertir capital. Sin embargo había también muchos millones de personas que se encontraban fuera de aquella frecuencia en palabras del autor:

“no se les enviaba ninguna señal alentadora. Se alentaba a estas personas a que no actuaran. En tanto que los campesinos y trabajadores agrícolas, eran más objeto que sujetos. Se les prohibía el acceso a la propia tierra o se les expulsaba de sus carreras de artesanos con el advenimiento de la industria basada en maquinarias; o se les dejaba como analfabetos en un mundo que se estaba volviendo tecnológicamente más complejo. Y en caso de ser necesario eran amedrentados por los chicos malos del régimen nacional” (Kroerber, 31)

Existe una opinión generalizada respecto al desarrollo económico generado durante la década de 1880-1907. Las manufacturas, el comercio y los negocios, el transporte, la banca, el desarrollo de los recursos energéticos, la minería y la agricultura comercial, todo parecía prosperar. Algunos de los cambios positivos que se originaron en México provenían de algún deslizamiento en el mercado mundial o de innovaciones tecnológicas llevadas a cabo en el exterior. Tanto beneficios como perjuicios se hicieron más frecuentes, y sus efectos fueron cada vez más complejos y menos predecibles que nunca. De hecho México se estaba convirtiendo rápidamente en una unidad nacional más dentro de una economía germinante, dominada por los europeos occidentales y los estadounidenses. Esta nueva dependencia tuvo lugar cuando los rápidos cambios tecnológicos afectaron las finanzas la organización de las corporaciones, la comercialización y la producción. (Kroerber, Clifton pág. 33)

## **2. La industria y el Sector Eléctrico.**

La adopción de tecnología moderna en los procesos de producción fue característico de este periodo (Haber, 1992), así como la presencia del capital nacional en este nuevo sector industrial.<sup>2</sup> El surgimiento del sector eléctrico se da con estas características hasta 1900, año aproximado, en que se empieza a dar un cambio estructural de este sector hasta 1911 año en que da inicio la revolución mexicana.

Fueron dos los factores iniciales que marcaron el inicio de una nueva etapa económica del país a partir del triunfo de las políticas liberales. El primero que se encuentra ligado a las necesidades del capital interno que trataba de romper las barreras de un mercado limitado y local para poder incursionar en nuevas actividades haciendo uso de las nuevas formas de producción. Por otro lado la situación de la demanda externa que encabezaban los grandes países industrializados y que necesitaban regiones productoras de materia prima. Estos aspectos que junto con las políticas económicas de Porfirio Díaz dieron pauta a fomentar la inversión de capitales extranjeros y la penetración del ferrocarril como factor medular de la economía.

A partir de este momento tanto el comercio exterior como el interior van a adquirir nuevos matices. El primero reflejó las nuevas orientaciones de la economía en donde las mercancías igualaron en monto la exportación de metales preciosos, además de que la demanda de metales industriales llegó a formar un elemento clave de este sector. Los productos agrícolas también lograron colocarse en puntos estratégicos de la economía exportadora.

La situación de la industria, a pesar de sus altas y bajas durante el periodo, se caracterizó por su continuo crecimiento. Fueron diversos los elementos que dieron pauta al auge de las dos principales industrias, la textil y minera. Uno de ellos fue definitivamente las políticas económicas impulsadas por el gobierno del porfiriato. En el caso minero lograron dar un fuerte impulso a la explotación de metales, tanto preciosos como

---

<sup>2</sup> El surgimiento del sector eléctrico se caracterizó en una primera etapa por la presencia del capital nacional, posteriormente en una segunda fase, el capital extranjero tanto norteamericano como anglo-canadiense predominó en este sector. Ver Galarza, 1941.

industriales, a partir de la ley de minas de 1892 la cual daba amplia libertad a los inversionistas para la explotación de minerales así como para la contratación de mano de obra que mejor se acomodara a sus intereses. En esta ley se exigía además del registro de todas las concesiones y títulos obtenidos anteriormente la actualización de éstas con el pago de una mínima cantidad. Para 1893 se registraron 2,829 fundos y de ese año a 1900 se expedieron 12,871 títulos de nuevos fundos los cuales se fueron acrecentando a todo lo largo del porfiriato. (Berinstein, 1992)

A pesar de las consecutivas crisis que se presentaron a lo largo del periodo, y en especial al inicio del siglo XX y que afectaron de una forma tajante los precios y la producción de los metales preciosos, la minería no recayó en tanto que su explotación se dirigió a metales industriales los cuales tenían ya un mercado seguro y su valor en el mercado mundial se acrecentaba. (Berinstein, 1992) Las características del capital invertido en este sector fueron en su gran mayoría extranjeros, salvo algunas excepciones como la Compañía carbonífera de Sabinas en Torreón que era propiedad de la familia Madero. Por otro lado la distribución de este sector fue en principalmente dos zonas: la norteña y el centro. La primera que se caracterizó por su gran crecimiento sobre todo como extractor de metales industriales; la segunda por la extracción de metales preciosos, principalmente la plata.

La otra industria que se caracterizó por la presencia de capital nacional y cuya producción en su mayoría se encontraba destinada al mercado interno fue el sector textil; el cual vivió un gran crecimiento a partir de 1890 a 1905 con la creación de nuevos centros textiles, la instalación de nueva maquinaria automática y el uso de la energía hidroeléctrica. La producción se triplicó entre 1879 y 1907-08, momento en que se vio afectada por la crisis agrícola después de que fue fuertemente golpeada por la crisis financiera de 1907. La distribución de esta industria en términos de producción fue la siguiente: Puebla 23%; D. F. 14%; Veracruz 9%; Tlaxcala 4%; y el restante 50% el resto de las otras zonas. (Keremitsis, 1973)

El origen de la industria eléctrica en México surge bajo la tutela de estas dos actividades en donde la utilización de la energía producida por fuerza hidráulica

encabezo este sector. Así vemos que la adaptación de las primeras plantas hidroeléctricas son con fines industriales para resolver las necesidades de producción. Para 1889 se funda la primera planta hidroeléctrica en las minas de Batopilas, Chihuahua, las cuales desplazaron las bombas cornish que se alimentaban de carbón. Inmediatamente se empezaron a ver los beneficios al bajar considerablemente los costos de producción. A partir de este momento y hasta 1910 casi todas las minas importantes se habían electrificado. (Berinstein, 1992: 256-257)

En el caso de la industria textil fue similar. En 1895 Ernesto Pugibet adquiere la fábrica de San Ildefonso y conjuntamente unos saltos de agua utilizándolos en la generación de energía que consumía la fábrica y el restante las vendían a las demás fábricas y poblaciones cercanas. Para 1897 CIDOSA tomaba ya la caída del río Rincón Grande para abastecer a sus cuatro fábricas. La planta de San Antonio Abad en Puebla para 1896 ya contaba con su planta hidroeléctrica. Pero no solo estas industrias se abastecieron con sus propias plantas generadoras sino que las industrias que se encontraban en gran auge y crecimiento como lo fue la Papelera de San Rafael que en 1892 ya contaba con su planta (Galarza, 1941)

La distribución del sector eléctrico se da a partir de los principales centros industriales y de las grandes ciudades siendo que en la zona centro se concentró el mayor porcentaje de esta industria con el 80% de la generación total, seguida por la zona del Golfo con un 10.4%, después la zona del norte con 6.5% y por último la zona del Pacífico centro-sur con el 3.1% (Rosenzwein, 1992).

El surgimiento y despegue del sector eléctrico tuvo dos fases determinadas. La primera que inicia en 1889, con la formación de la primera planta, hasta 1904 momento en el que surge el primer gran monopolio de capital extranjero. Esta primera fase se caracteriza por su situación subordinada a las principales actividades económicas, quienes se encargaban de la generación, distribución y venta de la energía a los demás sectores que no contaban con los recursos suficientes para instalar su propia planta.

Dado que la mayor parte de la generación eléctrica del país se da en la zona centro que coincide con la concentración de la industria textil es esta quien se encuentra a la

cabeza de la producción, al menos en la zona central. Por lo que el capital invertido en este sector, en este periodo, es eminentemente nacional.

La segunda fase ubicada entre 1904 y 1910 se caracteriza por el proceso de automatización de este sector industrial en tanto que surgen empresas dedicadas específicamente a la generación, distribución y venta de la energía. Los dos grandes monopolios que rigen a este sector durante este periodo fueron la Mexican Light and Power CO. de capital anglocanadiense con su fundación en 1904. Posteriormente surge la Compañía impulsora de Empresas Eléctrica fundada por el capital norteamericano. (Galarza, 1941) Es en este periodo que se inaugura la industria eléctrica dentro del rubro de servicios.<sup>3</sup>

La presencia de este capital va a marcar la dirección del desarrollo de este nuevo sector industrial. Las grandes compañías buscaron espacios de expansión para la inversión y la instalación de plantas que garantizara un consumo suficiente para su crecimiento y desarrollo, lo cual puede observarse en torno a los principales complejos industriales y de importantes ciudades como Veracruz, Puebla, Michoacán, Guanajuato, etc. Junto a estas grandes inversiones estaban los avances tecnológicos que establecían nuevas pautas para el crecimiento industrial. El surgimiento de un sistema de distribución basado en la propuesta de S. Z. Ferranti, en 1900 en Gran Brentaña,- el cual aseguraba que el crecimiento de la industria no estaba en la generación local sino en la generación en grandes centrales que abastecieran a grandes áreas (Derry, 1991)- junto con el uso y la aplicación de nuevos materiales se vencieron los obstáculos de la distancia, uniéndose así nuevos mercados. Y rebasando así los límites espaciales, ahora se podía unir las ventajas de un río con el crecimiento de una ciudad o la fabricación de un nuevo producto.

Sin embargo esta concentración de capital extranjero no fue abrupta sino que se mostró paulatinamente al absorber las pequeñas plantas de capital nacional quienes no

---

<sup>3</sup> Finalizada la revolución mexicana, en un estudio elaborado por Herrera y Lasso señala que el 73,80 % de la energía generada en el país es destinada exclusivamente a la venta. Mientras que el 17,47% era energía destinada por industrias para su propio consumo. (Herrera y Lasso, 1930: 53)

desaparecieron de forma total sino que se dedicaron a abastecer a mercados locales que se encontraban lejos de los intereses de estos grandes monopolios. Estas empresas se caracterizaban por haber iniciado el desarrollo de la industria hidroeléctrica como un actividad alternativa y de apoyo para sus actividades económicas y productivas en donde utilizaban la energía para el alumbrado de sus fábricas, mover maquinaria, etc. y la energía sobrante era vendida. Como fue avanzando la necesidad cada vez mayor de utilizar la energía eléctrica en los procesos productivos y en la vida cotidiana estas pequeñas empresas se dedicaron formalmente a la venta y generación de energía. Sus mercados se encontraban ubicados en los municipios, talleres, pequeñas fábricas y haciendas (aunque muchas de ellas tenían su propia planta).

Los diferentes estudios que se han realizado en torno a este sector exponen que este último tipo de empresa desaparece después del movimiento revolucionario por varios factores. La principal argumentación es que al iniciar el siglo XX se da una gran apertura al capital extranjero para cubrir la incapacidad de las empresas nacionales frente a las nuevas necesidades que planteaba el desarrollo industrial. Para 1920 el desplazamiento de estas pequeñas empresas, a través de la absorción, por los grandes monopolios, según los estudios realizados es evidente. La presencia del capital norteamericano es incuestionable.<sup>4</sup> Sin embargo la indagación en nuevos materiales de archivo muestran que este proceso de desaparición de las empresas nacionales es paulatino. Y aún, para esta década, su importancia, aunque regional, era considerable.<sup>5</sup>

---

<sup>4</sup> Galarza, Ernesto, 1944, 74 “La impotencia del capital mexicano para crear una industria eléctrica netamente nacional, se explica por las mismas razones que hicieron que en el siglo XIX pasaran a manos extranjeras los principales recursos económicos de país. La historia de la industria de la fundición y refinado de metales, para no nombrar otros, tuvo un desenlace muy parecido al de la industria eléctrica. En ambos casos un reducido grupo de capitalistas mexicanos iniciaron y administraron tesoradamente una actividad económica al frente de la cual solo pudieron mantenerse mientras no tuvieron que afrontar los problemas de la producción a gran escala. La moderna y costosa maquinaria no estaba al alcance de los exiguos recursos del capital mexicano”. Ver también Garza Toledo, Enrique de la, 1992, 56-57.

<sup>5</sup> La información primaria utilizada en este trabajo es la existente en el Archivo Histórico del Agua (AHA). Referente a la presencia de estas empresas de capital nacional como generadores de energía destinada a la venta ver Caja 73, Expediente 1420, foja 20 en donde se hace el seguimiento del cobro de impuestos a la planta hidroeléctrica de José Vergera hasta 1981 momento en el cual la planta aún sigue activa. El uso que le da a la energía producida es para mover molinos y el sobrante es destinada a la venta.

Las características que van a determinar a la nueva fase que inicia en 1933 con la creación de la CFE es la paulatina intervención del estado en el sector hidroeléctrico.

Desde el momento en que surge la industria eléctrica, a finales del siglo XIX hasta esta fecha, se había caracterizado por la gran libertad y facilidades que el gobierno les había ofrecido para su establecimiento a través de concesiones, exención de impuestos, préstamos para la inversión, etc. Para el inicio de la década de 1930, la cual se inaugura con una gran crisis económica, los intentos por intervenir son ya claros. La argumentación que se daba era la incapacidad de estas compañías por abastecer un mercado con necesidades cada vez mayores. Muchos autores escribían y denunciaban los diferentes agravios en que incurrían las compañías extranjeras como abastecedoras de la energía, los altos precios que establecían lo cual representaba un gran obstáculo para el desarrollo del país. (Díaz Arias, 1952)

Por otro lado se argumenta que la crisis de 1929 afecto la economía mexicana con el freno de las inversiones extranjeras y la salida de capitales, preferentemente norteamericanas. Esta circunstancia dio pauta a la intención del estado mexicano a intervenir en la regulación de este sector con la creación de la CFE en 1933. Sin embargo su intervención fue relativa: las facilidades y las concesiones otorgadas se respetaron, no se permitió la creación de nuevas compañías que representaran un peligro para estos ya establecidos monopolios. Sin embargo todos los informes que fueron publicados respecto al sector hacían más mención de las quejas e ineficiencias de las compañías que de sus beneficios.

### Algunas conclusiones

En este apartado se pretendió exponer algunas características del sector eléctrico en México desde sus orígenes hasta las primeras décadas del siglo XX. Es en esta etapa en la cual adquiere ciertos elementos que caracterizaran el desarrollo de la industria eléctrica por lo menos hasta la década de los años sesentas, con su nacionalización. Indudablemente uno de estos elementos es el tipo de capital privado que prevaleció. Sin embargo existen otras rasgos que explican el desarrollo del sector a partir de las

siguientes premisas: la utilización de la energía eléctrica como fuente principal en materia energética que implicó el arribo al sistema capitalista en el contexto de la segunda fase de la revolución industrial apegado a las principales actividades económicas imperantes en la nueva conformación de un mercado, (minera, textil, etc.) aunado al proceso de industrialización con el surgimiento de nuevas industrias. 2. Como resultado más que una industria, surgió como una forma de generación de una fuerza ligada a los procesos productivos. Es decir su crecimiento dependió de las necesidades propias de las industrias que requirieron de esta forma de energía. Posteriormente el excedente era vendido bien a otras industrias de menor tamaño, para alumbrado, etc. (ver Galarza y De la Garza) 3. Como resultado de lo anterior se desprenden ciertas características: a) Surge de manera local y regional. b) Su crecimiento refleja una relación estrecha a la activación de un mercado interno, local, creando así nuevas necesidades para nuevos productos, es decir es el preámbulo para una nueva sociedad. Y por supuesto en esta nueva sociedad la luz, la energía eléctrica empezó a significar un elemento clave en la modernización del país. c) El origen, surgimiento y adopción de energía eléctrica estuvo a cargo de empresarios nacionales y regionales.<sup>6</sup> Por lo que el sistema hidroeléctrico de Necaxa marcó una nueva etapa en la historia de la energía eléctrica como industria.

Vanguardia tecnológica caracterizada por el acoplamiento a nuevas situaciones, problemáticas y realidades (naturaleza a transformar) y que se manifiesta por una tecnología sincrética la cual a diferencia de los países de origen la adopción tecnológica se realizó como una combinación de conocimientos de “varios países”.

Como una primera conclusión podemos pensar que para el caso de Necaxa la penetración de poderosos capitales extranjeros con las características monopólicas que marcaron una nueva etapa en la industria eléctrica pudieron darse en gran parte por la existencia consolidada de un mercado que les garantizará los grandes montos de inver-

---

<sup>6</sup> Aquí trato de hacer una distinción entre empresarios nacionales a quienes considero como un vínculo entre el capitalismo “de afuera” es decir quienes adoptan ya los mecanismos del capitalismo característico del finales del siglo XIX (Ver a Cardoso y Falcón); y por otro lado los empresario regionales quienes aún estaban bajo un sistema económico que difícilmente puede considerárseles capitalistas. Algunos autores los denominan como protocapitalistas pues todavía coexisten importantes elementos tradicionales.

sión que realizaron. Esto apegado a las necesidades de la industria pero también a las necesidades cotidianas de los miembros de la sociedad.

### Capítulo III. La Central Hidroeléctrica de Necaxa.

**E**l sistema hidroeléctrico de Necaxa fue la base de la Mexican Light and Power, comenzó a construirse en 1903 y se concluyó en 1910. Era un gran proyecto de complejidad técnica, que incluía varias cortinas (la más alta de 58 metros y del tipo de enrocamiento) y ventiséis túneles para aprovechar de mejor manera varias caídas de agua con un total de mil metros en menos de seis kilómetros que conectaban los ríos y corrientes que surtían las presas. Llegó a ocupar más de 7 000 trabajadores y se transportaron 35 000 toneladas de maquinarias y materiales. Hubo que construir líneas de ferrocarril de 23 millas de longitud y carreteras para el traslado de maquinaria de ese volumen de carga. La cortina más grande media 58 mts de altura por 430 mts de largo.

Las obras consistían en cinco embalses artificiales con una capacidad de 171 millones de metros cúbicos. En 1910 los generadores tenían la capacidad de 100 000 caballos de fuerza; la energía era enviada a través de 320 kilómetros de líneas hacia la Ciudad de México y, de manera preponderante, a las minas de Oro. (Aboites, 58: 1998) La formación del sistema hidroeléctrico de Necaxa fue conformado a partir de la combinación de múltiples elementos; su contexto ‘natural’ fue una de las regiones más ásperas e inaccesibles de la sierra oriental. Pero también contaba con un ramaje de ríos que producían caídas naturales en una región ubicada entre los principales mercados de energía.

En este apartado haremos el seguimiento de las diferentes etapas de la construcción de la central hidroeléctrica de Necaxa correspondiente al periodo de 1895 a 1906. Para ello se utilizó como fuente principal una serie de informes y correspondencia establecida entre la Secretaría de Fomento y la Sociedad de Necaxa, en la primera etapa, posteriormente, a partir de 1903 con la Mexican Light and Power Company<sup>1</sup>. A partir de

---

<sup>1</sup> Archivo Histórico del Agua, Fondo Archivos Superficiales. Cabe hacer algunas aclaraciones: una, las grandes limitaciones de este trabajo es la falta de fuentes que logren dar los elementos suficientes para la reconstrucción del problema a tratar. Dos, el desconocimiento de información sobre ingeniería civil,

esta reconstrucción descriptiva veremos las principales características y problemáticas que se fueron presentando a lo largo de los trabajos y que desembocaron finalmente en la concepción de un proyecto (Central Hidroeléctrica) que no sólo representó grandes retos a la naturaleza, innovación tecnológica sino recreó un nuevo lenguaje con nuevos elementos simbólicos y por tanto la creación de una nueva realidad.

Veremos cómo, en el caso del sistema hidroeléctrico de Necaxa, fue resultado de una proyección en etapas las cuales fueron respuestas, decisiones prontas, a veces arbitrarias, de las necesidades imperantes en el momento específico. Por ejemplo en la primera parte del proyecto las decisiones tomadas por la sociedad de Necaxa eran muy indefinidas y aleatorias. Posteriormente ya con los trabajos de la Mexican Light and Power en la construcción del sistema hidroeléctrico de Necaxa vemos que su crecimiento fue paulatino y que se refleja en las solicitudes de las concesiones para el aprovechamiento de los recursos hidráulicos. Es decir en la marcha de la construcción se analizaba que requerían mayor cantidad de líquido por lo que inmediatamente solicitaban nueva concesión para extender las ya extendidas. De igual manera, en la utilización de métodos ‘científicos’ de construcción fueron aplicándose, adaptándose paulatinamente como respuesta a situaciones concretas.

## **1. De ‘las adversidades’ de la naturaleza a ‘las bondades’ del progreso. Historia del proyecto hidráulico.**

Para algunos la historia del sistema hidroeléctrico de Necaxa inicia en 1903 con el surgimiento la Mexican Light Power, o bien en junio de 1895 con la primera concesión ofrecida al conde Arnoldo Vaquie para el aprovechamiento de las aguas del río Necaxa para uso de la generación de energía eléctrica, que comprende “las caídas naturales, conocidas, la una, con el nombre de ‘Tenango’”, y la otra con el nombre de ‘Tres

---

eléctrica que limiten las observaciones e interpretaciones respecto al desarrollo tecnológico. A pesar de ello creo que puede ser un buen comienzo interpretativo sobre un fenómeno del cual se sabe muy poco.

Chorros”<sup>2</sup>. Para fines de este trabajo su historia comienza con la primera idea de proyectar un ambicioso trabajo para la construcción del un sistema hidroeléctrico lo cual significo un reto en la transformación de la naturaleza.

El lugar en donde se erigió el gran proyecto de Necaxa sus narradores lo describieron como un lugar inaccesible, impenetrable, de naturaleza indómita. Un lugar por donde corre el río con el mismo nombre que “debería de llamarse más bien el río de las caídas por las muchas que se forman en su curso”. El río pasa por las orillas del pueblo de Totolapan y es en este punto donde se encuentra más cerca de Huachinango, pues dista de allí a sólo 4 o 5 kilómetros; un poco más adelante cambia el río de nombre por el de Texcapa; sigue su curso pasando por el pueblo de Patoltecoya hasta llegar al pintoresco pueblito de Necaxa, en donde vuelve a cambiar de nombre por el de éste último pueblo. Aquí se verifica el cruzamiento del río con el camino que va a para Xicotepec y Tuxpan. Pasando por el pueblo de Necaxa, se encuentra la cañada en donde difícilmente se le pude ver el fondo.<sup>3</sup> Su principal caída conocida como “la Ventana” era de difícil acceso para bajar a la cañada pues a pesar que existía una vereda “que no merecía tal nombre por encontrarse cruzada con muchos accidentes y dificultades que lo hacían impenetrable”. Así el Ingeniero Oropeza relata sus impresiones,

Esta vereda ha sido hecha por los indígenas de Tenango y Necaxa, para bajar al fondo de la cañada de donde se extraen algunas hierbas que allí se producen sin cultivo de ninguna clase y que ellos venden en el mercado de Huachinango; pero como esta industria es muy mezquina, creo más bien que han hecho la vereda para bajar al pie del salto, al que tributan cierto culto o adoración; pues en una de las ocasiones en que baje a la base de la caída tuve la oportunidad de ver el incienso, el copal, el zempoalxochitl y otros objetos que ellos dedican a sus ceremonias religiosas, que estaban colocadas en las cavidades de las rocas y tan cerca de la base de la caída que recibían enteramente los chorros de la inmensa columna de agua. Mis

---

<sup>2</sup> Contrato celebrado entre el C. Manuel Fernández Leal, Secretario de Estado y del Despacho de Fomento y el Sr. Arnoldo Vaquié, AHA, AS, Caja 4191 exp. 56586, fojas 53-55.

<sup>3</sup> Ing. Gabriel M. Oropeza, “El Río Necaxa y sus caídas de la ‘Ventana’ y de ‘Ixtlamaca’ en *Memorias de la Sociedad Científica Antonio Alzate*, Tomo XII, 1898-1899, 180-191.

compañeros de expedición y yo, no pudimos averiguar cómo hacen estos indios para llegar a colocar sus brujerías en aquel lugar, pues en la base de la caída se ha formado una fosa bastante profunda a la que no es fácil penetrar en canoa o de cualquier otro modo.<sup>4</sup>

Así vemos, más que un paisaje de pueblos pintorescos, una región en donde se respetaba y se le daba tributo a la naturaleza. Posteriormente con las excavaciones para las obras se encontró con “la arqueología no sólo de los nahuas quienes dejaron huellas sino también los olmecas quienes dejaron un ídolo de jade verde encontrado al construirse la presa de Necaxa y que hoy es orgullo del Museo de Historia Natural de Nueva York”<sup>5</sup> Sin embargo Necaxatl quedaba atrás y un nuevo pensamiento, un nuevo lenguaje transformaría aquel ancestral paisaje, inaugurando así una nueva etapa.

Ya para diciembre de 1895 se daban los primeros resultados de los trabajos realizados para el “proyecto hidráulico y eléctrico de Necaxa”<sup>6</sup> tras haber formado una empresa para dar ejecución a las obras y de haber formado un equipo de trabajo bajo la dirección del ingeniero Contri quien realizó un viaje a Europa para dar a conocer el proyecto a los miembros de la Sociedad de Necaxa y consultar a las “principales casas constructoras de receptores hidráulicos y eléctricos quienes acordaron algunas modificaciones en puntos esenciales del proyecto, las cuales son de notoria importancia tanto desde el punto de vista técnico como industrial.”<sup>7</sup>

Las características generales de estas memorias reflejan el interés por un proyecto de un sistema hidroeléctrico pero poco definido y de poca importancia más bien una hidroeléctrica a la manera de como se habían dado, supeditada a las necesidades de otra industria, en este caso la producción de materiales para construcción o la explotación

---

<sup>4</sup> Ibid. 182-183.

<sup>5</sup> S/A Datos históricos CIF, Informe de la Compañía Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, s/f, s/p.

<sup>6</sup> “Memoria de los trabajos relativos al proyecto hidráulico y eléctrico de Necaxa” 26 de diciembre de 1895 firmada por el Ingeniero Contri, fojas 104-110 AHA, AS, caja 4192, expediente 56591

<sup>7</sup> Carta dirigida a la Secretaría de Fomento fechada el 26 de diciembre de 1895 y firmada por el Sr. Arnoldo Vaquie. AHA, AS, fojas 102-103 exp. 56591, caja 4192. En estas memorias se presentan, por un lado los estudios realizados para la proyección de la obra civil, es decir todo aquel trabajo destinado a las obras de construcción de la estructura, presas, diques, acueductos.

del carburo de calcio. Ya en el artículo publicado por el Ing. Oropeza expone algunas impresiones de las posibles formas para aprovechar estos recursos naturales:

Después de la caída de Ixtlamaca el río escurre por una cañada, que del lado derecho es enteramente inaccesible; pues en virtud de la pendiente sumamente rápido, el terreno es muy movedizo. Sobre el lado izquierdo la pendiente es menos fuerte en el flanco sur del curso de Tecacalongo. Esta montaña de tecacalongo es notable por estar formada en su totalidad de caliza litográfica; en la misma sierra pero más cerca de Huachinango se encuentra el cerro de Tlalcoyunga que es también de caliza, y causa profunda lástima contemplar tan gigantesca fuentes de riqueza en el más absoluto abandono, pues los indígenas de Tlalcoyunga se contenían a quemar solo la cal que ha de consumirse en Huachinango, esta cal tiene la particularidad de que huele a arcilla, lo que me hace pensar que fácilmente se podría fabricar la cal hidráulica y cementos, porque ya la materia prima trae consigo la cantidad de arcilla que se necesita para hacer estos productos, que son tan estimados y que nos cuestan hoy precios tan elevados.<sup>8</sup>

De esta forma el interés por aprovechar los recursos naturales de Necaxa significó no sólo la proyección de un sistema hidroeléctrico sino también la posibilidad del aprovechamiento de una nueva industria: la construcción. El aprovechamiento de los materiales para la explotación del cemento. Pero también señala la situación dudosa en que se encontraba el proyecto hidroeléctrico:

Esta importante fuente de riqueza ha sido objeto de una concesión a una compañía francesa que ha comenzado ya sus trabajos de perforación de una galería por donde bajarán los conductos que aprisionen el agua hasta las instalaciones de las turbinas; dicha compañía pensó en un principio en traer a México la potencia eléctrica para venderla como energía, a la manera que se hace en Pachuca con las fuerzas producidas en la caída de la Regla; se abandono esta idea no sé por qué causa, pero supongo que será por el mucho costo de los cables de cobre encargados de traer la energía desde una distancia de cerca de 20 kilómetros. Se pensó después en la fabricación del carburo de calcio hoy (1898) parece que también esta idea se ha desechado. No sé cual sea el

---

<sup>8</sup> Oropeza, 1898: 189

pensamiento de los directores de la compañía; pero de todos modos es de desearse que sigan los trabajos hasta conseguir que en torno a ésta fuente inagotable de energía se establezcan las industrias, porque cualquiera que sean ellas levantarán aquella región del olvido profundo en que se encuentran y proporcionarán a sus habitantes inmensa dicha, porque la industria y el trabajo son factores importantísimos de la felicidad de los pueblos.<sup>9</sup>

Si bien la información presentada por el ing. Oropeza no era del todo cierta, veremos cómo efectivamente el proyecto de Necaxa significó la esperanza en un progreso, el cual no definía la forma en cómo llegaría a establecerse. Lo cierto era que la naturaleza ofrecía una gran riqueza digna de ser tomada y transformada. Después de todo la ciencia y la tecnología ya estaban dando las herramientas para los nuevos retos. Y así se entendía,

La naturaleza no ha dado a México los criaderos carboníferos, destinados a desarrollar la fuerza necesaria para el progreso de su industria pero en cambio le ha dado un número importante de cursos de agua. Necaxa posee una fuente natural de energía que puede considerarse como la principal del país. La transformación de esta fuerza natural en energía eléctrica ha sido el problema propuesto... he tratado de dar solución a problemas que son nuevos todavía y sin creer tampoco que mis trabajos sean perfectos, pero sí asegurando que me he aprovechado de los elementos de las ciencias positivas, para la transformación de una fuerza material en energía eléctrica, sea que este destinada a emplearse en el mismo lugar de Necaxa ó que se trate de transportarla á larga distancia con objeto de dar vida, bien sea a la actual industria o á las nuevas que formen en este país.<sup>10</sup>

Pero junto a los “indios” y a su historia que quedarían sepultados, también estaban otros usuarios del Río Necaxa, hacendados y empresarios locales quienes cuestionaron abiertamente la concesión otorgada a una compañía extranjera. A comienzo de 1895, tras la publicación en el Diario Oficial de la solicitud de la concesión de las aguas del río

---

<sup>9</sup> Ibid.:191

<sup>10</sup> “Informe relativo á las caídas de Necaxa y á los proyectos hidráulicos y eléctricos para su aprovechamiento” realizado por el Ing. Clotter de la Sociedad Necaxa, 1896, fjas. 118-132, cja. 4192 exp. 56591, AHA, AS.

Necaxa “para el desarrollo de Fuerza Motriz y al regadío a que pueden ser dedicadas”, solicitado por Vaquie, se presentaron diferentes pugnas en contra de que se le otorgara la concesión a Vaquie<sup>11</sup>. Sin embargo las políticas económicas del porfitiato se encontraban en plena expansión; el poder local quedaba subordinado, por lo menos en este caso, al poder central en cual tenía como principal objetivo lograr el progreso y el crecimiento económico a través de los capitales extranjeros, esperanza que no del todo fue un acierto, por lo menos en la primera etapa .

### **A. Primera etapa: la obra civil básica**

En este apartado expondré las formas, los cambios y en general la evolución de la central Hidroeléctrica de Necaxa, primero de un proyecto y posteriormente de las obras.

Para ello trato de exponer las características peculiares tanto del proyecto en general, su alcance, así como los características técnicas de las obras que constituyen básicamente una Central Hidroeléctrica. Lo que se pretende en este apartado es ver cómo el desarrollo se dió a través de la utilización y aplicación de la tecnología, o en su caso en la ausencia de esta, y qué tanto, durante el periodo estudiado este elemento fue parte de un proyecto consolidado o bien fue parte de un proyecto que se concebía día con día como resultado de las incursiones en las obras, de la experiencia cotidiana, de la infraestructura que se estaba perfilando.

---

<sup>11</sup> AHA, AS, caja 4192, expediente 56591, 15-44. A lo largo de este expediente se presentan las diferentes oposiciones a la concesión solicitado por Vaquie y la forma en que fue resuelta la disputa. Una de ellas fue presentada por el Sr. E. Hinojosa, empresario local, quien afirmaba la ambigüedad de la solicitud de Vaquíe sobre todo porque él mismo había solicitado el aprovechamiento de las mismas aguas para los mismos fines por lo que afirmaba que Vaquíe le había plagiado el contenido del proyecto de Necaxa. Efectivamente una primera solicitud de las aguas del Necaxa fue realizada por el Sr. Hinojosa. Sin embargo la Secretaria de Fomento al no tener elementos para decidir quién sería el beneficiario de la concesión recurrió a los tribunales. El Lic. Pablo Macedo declara que “de acuerdo a la Fracción II del artículo 2 de la ley de junio de 1894 la concesión se debe de determinar a partir de quien se encuentre en la disposición de constituir un depósito de mayor garantía y sobre todo que utilizará las caídas de agua en el establecimiento y fomento de una industria provechosa para el país.” Fojas 43-44.

• **Ingeniería Civil e hidráulica. Diseños, materiales, problemas**

La concesión obtenida por Vaquie, representante de la Sociedad de Necaxa, consistía en el aprovechamiento de las aguas del río Necaxa para explotar como fuerza motriz dos caídas naturales que ya existían, conocidas como ‘tres chorros’ y la otra, ‘Tenango’. Los estudios realizados, expuestos en el informe de 1895, para el proyecto muestran ya algunas características que se pretendía ejercer en la central hidroeléctrica.<sup>12</sup>

Se propuso una presa que es capaz de contener un volumen de ‘tres millones de metros cúbicos de agua’ y dicho volumen sólo podría ser contenido por una presa cuyo muro o dique, construido frente a la estaca 17,<sup>13</sup> tuviera 24 metros de altura; para preveer el caso de las grandes avenidas del río se creyó conveniente dejar en la parte alta de la presa un vertedor a fin de que el agua excedente al volumen que podía contener la presa, sea revasado por encima del muro, siguiendo su cauce; se dió al muro la forma curva bajo dos argumentos 1) a fin de seguir mejor la forma más apropiada para la estabilidad y 2) a fin también de que el agua excedente al volumen que la presa deba contener, al rebasar por encima del muro resbalara pues la superficie curva hará caer suavemente a su lecho para no producir en el fondo de roca del cauce excavaciones que pudieran ser perjudicales para la estabilidad de la construcción.

Esta presa es también la que serviría para la toma de agua; la cual se proyectó dentro de un túnel con llaves compuertas para arreglar convenientemente la admisión del líquido en los conductos. El túnel serviría también como tubo de descarga para vaciar la presa si fuera necesario; por eso es que se le dió dimensiones mayores que si fuera solamente para arreglar la toma de agua.

Además como el río puede en algunos casos traer consigo arenas y cascajos y aún piedras de algunos volúmenes se podrían obstruir las tomas; se pensó que dichas acarreo podrían ser detenidos por medio de enrocamientos hechos con grandes piedras

---

<sup>12</sup> La caracterización de los elementos que componen una central hidroeléctrica fueron tomados de la obra de (Dolores Juárez, 1992). Ver capítulo I para compararlos con los informes de la Sociedad de Necaxa y posteriormente con los de la Mexican Ligth and Power Co.

<sup>13</sup> Es decir, el lugar donde el río se angosta más que en cualquier otro lugar, lo que puede aprovecharse para colocar allí el muro a fin de que el volumen de la mampostería fuese el menor posible.

en el cauce del río, pero antes del muro o dique; por los huecos dejados entre unas y otras piedras pasaría el agua depositando allá todos los materiales acarreados. El informe continúa,

A fin de aumentar el volumen de agua sin elevar más la altura del muro se creyó conveniente hacer excavaciones para regularizar un poco el cauce que vendría á ser después de la construcción del muro la pared misma del depósito; dichos desenrocamientos darían el material necesarios para la ejecución del muro y tanto estas obras de desenrocamiento como las escolleras o pequeños muros transversales de piedras sueltas.

Desde la toma hasta las turbinas, el agua será conducida por tubos de un metro de diámetro interior y de cinco a 18 milímetros de espesor en su pared; se ha procurado poner el menos número posible de codos o puntos de inflexión, porque como en estos lugares aumenta el rozamiento a consecuencia del cambio en la dirección de la corriente, es claro que aumenta también la pérdida de carga, que debe procurarse reducir a su mínimo a fin de utilizar mejor la caída disponible; es decir la diferencia de nivel entre el nivel de agua en la presa y las tuberías. Los tubos tendrán solamente 3 metros de longitud para que puedan ser fácilmente transportadas y la unión de un tubo con otro se hará "a bridas", poniendo de por medio una placa de cantchne para que la elasticidad de ella permita la dilatación del metal por la elevación de la temperatura, dilatación que tendrá poca importancia porque los tubos irán cubiertos por una capa de cascajo y de tierra.

Obras de arte, accesorios. La tubería al pasar por encima del cauce del río necesitará de un viaducto para dejar por debajo libre paso a las aguas de las crecientes, que son las únicas que seguirán el lecho ordinario del río. Se ha preferido el acueducto a los sifones, porque por éstas habrá necesidad de excavaciones que serían costosísimas para ser de roca compacta el fondo del río, ahí en la parte alta de la primera caída donde aparece el primer acueducto, como en la parte alta dela segunda caída en donde esta proyectado el segundo viaducto. Se proyectan estos de mampostería poque ésta resultaría demasiado

económico, no así las obras de fierro porque las piezas de frente costarían mucho trabajo y dinero.<sup>14</sup>

Como obras necesarias también se consideran “elevadores del plano inclinado y vertical que se necesitarían colocar desde “El mirador” (ventanal) hasta el conducto y en la parte vertical correspondiente a la segunda caída” para transportar los materiales necesarios y el personal encargado de la ejecución de la obras. También por “comodidad” se planeaba la construcción de un pequeño ferrocarril y que tendrá que pasar por encima del viaducto. A todas estas obras hay que añadir los edificios necesarios para la administración, almacenes y habitaciones que “vienen a ser enteramente indispensables cuando se lleven a cabo las instalaciones de los tubos y las turbinas”.

Así podemos observar que junto a obras que son consideradas como obligatorias, hay otras que son ‘necesarias’, pero también las había por ‘comodidad’, las cuales pasaran a ser de vital importancia dentro de un proyecto más sólido y mejor conformado. Por otro lado las características técnicas del Sistema eléctrico también se estaba definiendo la cual a partir de una caída de 270 mts. se compondrían de turbinas Esches Wyss de 600 caballos de fuerza accionando directamente sobre dos dinámos de 300 H.P. cada uno. Las turbinas y los dinámos se pensaba iban a ser construidos de tal manera para poder soportar en marcha normal 10 % de manera tal que los diez grupos uno será de reserva. La velocidad de la rotación será de 200 vueltas (revoluciones) por minuto.

El sistema eléctrico se basó sobre una distribución de corriente continua, de intensidad constante con generadores y motores alimentados en serie. La intensidad constante se estableció de 70 amperes y la tensión límite de los dinamos de 2900 volts. “El voltaje total en volts que haya que darse a un conductor será determinado según la distancia que tenga que recorrerse y será obtenido por la adición en serie de un número

---

<sup>14</sup> “Memoria de los trabajos relativos al proyeco hidráulico y eléctrico de Necaxa” realizado por el Ing. Contri de la Sociedad Francesa, fehado el 25 de diciembre de 1895, caja 4192 exp. 56591 fjas. 75-110, AHA, AS.

suficiente de unidades. Las máquinas dinamos serán del sistema “Thury” con armaduras de anillo Graunm autoexcitadores en seis y susceptibles de absorber de 250 a 330 vueltas por minuto. El aislamiento de todas las partes será suficiente para soportar una tensión de 50% más que la tensión máxima. La corriente será recojida sobre los colectores: por carbones, las chispas serán suprimidas totalmente. Las chumaceras serán provistas de engrasadores automáticos de varilla (vasilla). Cada generador tendrá un cuadro o tabla de distribución y cada tabla se compondrá: 1. de un interruptor de alta tensión y de brusco desprendimiento, lo que evitará los transformadores 2. De un voltámetro graduado a 90 amperes, 3. De un amperometro graduado a 3500 volts 4. De un desenganchador automático. La línea se compondrá de un circuito único alimentando diversos motores en serie y será llevado por aisladores de porcelana de doble campana. La separación de los soportes será de 40 metros aproximadamente y la altura de la línea arriba del suelo será de 7 a 8 metros.”<sup>15</sup>

## **B. Segunda etapa: revisión y ajustes**

En un segundo estudio realizado en los primeros meses del siguiente año, en 1896, ya se presentan importantes modificaciones al proyecto inicial al practicar nuevos estudios por los ingenieros de la empresa lo cual ‘puso en evidencia’ la importancia de aprovechar la tercera caída del río Necaxa ubicada a cuatro kilómetros río abajo, por lo que se solicitó la ampliación del contrato de 21 de junio de 1895, para tomar el agua en el río de Tenango antes de su reunión con el río de Necaxa y de la formación de la caída, pues de esta forma se conseguía concentrar toda la fuerza en el lugar proyectado para las instalaciones.<sup>16</sup> En este estudio ya se presentan importantes modificaciones pero sobre todo elementos más precisos relacionados con cuestiones prácticas y fundamentales para

---

<sup>15</sup> “Memoria de los trabajos relativos al proyeco hidráulico y eléctrico de Necaxa” realizado por el Ing. Contri de la Sociedad Francesa, fechado el 25 de diciembre de 1895, caja 4192 exp. 56591 fjas. 75-110, AHA, AS.

<sup>16</sup> Carta del Dr. Arnold Vaquie dirigida a la Secretaria de Fomento con fecha del 26 de febrero de 1896 en donde se solicita autoirización para la ampliación de los proyectos. AHA, Aprovechamientos Superficiales, Cja. 4192, exp. 56591, fja. 114

determinar el diseño de las obras hidráulicas, como por ejemplo cálculos que permitan establecer el gasto de agua y de ahí determinar las capacidades de las obras. Así vemos que la capacidad de la presa, según los nuevos estudios, es de 80 000 m<sup>3</sup> destinada solamente a cargar los tubos conductores (cañerías), de igual forma se definían las estructuras, proporciones y formas de cada una de las obras principales. Un ejemplo de ello es el diseño del dique, el cual se define como de enrocamiento así como los materiales que se usarán para su construcción en donde las variables que ayudaron a tomar esa decisión estuvieron determinadas por lo 'económico',

la mampostería para el dique será ejecutada con calizas extraídas de canteras cercanas al dique y serán colocadas en el lugar en la toma primitiva de su extracción, dejando inciertas las puntas. Este género de mampostería además de ser el más económico presenta la ventaja de prestarse con poco trabajo a todas las formas posibles y a la construcción. La mezcla por emplearse será compuesta por cal hidráulica y puzolana extraída de Tulancingo<sup>17</sup>

Estas decisiones llegaron a traer puntos de discusión y críticas para la definición del proyecto entre los ingenieros nombrados por la Secretaría de Fomento para aprobar los proyectos e inspeccionar las obras y el cumplimiento de los acuerdos. Un ejemplo de ello es el trabajo realizado por el Ing. Adolfo Díaz Rugama quien al estudiar los proyectos presentados por la Sociedad de Neaxa para su aprobación, señaló importantes aspectos referentes a una parte central de la obra civil: El canal de Descarga.<sup>18</sup> Pues si el Gran proyecto de Necaxa figuraba como un gran reto a la naturaleza, al interior del mismo se presentaban diferencias de cómo lograrlo. La principal de ellas fue establecer la preponderancia entre el factor económico y el riesgo de una mayor inversión que garantizara mejores resultados a largo plazo. Evidentemente la visión que prosperó fue el del Sr. Vaquié como representante de la Sociedad Necaxa, quien se inclinó por rea-

---

<sup>17</sup> "Memoria de los trabajos relativos al proyecto hidráulico y eléctrico de Necaxa" 26 de diciembre de 1895 firmada por el Ingeniero Contri, fojas 104-110 AHA, AS, caja 4192, expediente 56591

<sup>18</sup> Informe presentado por el Ing. Adolfo Díaz Rugama a la Secretaría de Fomento fechado el 2 de noviembre de 1898. AHA, AS, caja 4192, expediente 56591. Fojas 188-193

lizar las obras bajo la mayor economía posible a pesar de los costos mayores en un futuro. Por lo que es interesante rescatar esta discrepancia.

El ingeniero Rugama argumentaba el erróneo cálculo establecido para el diseño del canal de descarga elaborado por los ingenieros de la empresa con lo cual se establecía el riesgo de destruir el lecho y las paredes del canal por lo que no consideró bien elegido, el trazo el cual podría ocasionar graves accidentes en situaciones de crecientes y fuertes lluvias. “El proyecto, señalaba el ing. Rugama, tiene en mi concepto otro defecto, consistente en que se han calculado las dimensiones del canal de descarga para el gasto del río en la época de mayor creciente, (lo cual puede perjudicar enormemente la estructura de las obras si se construyen con este cálculo). Otro punto es la omisión en el proyecto es la construcción de compuertas o una presa móvil y las especificaciones de esta parte no están consignadas en el plano limitándose el Ing. Trottier al anunciar que se establecerá una barrera de agujas, cuya disposición se dará posteriormente”.<sup>19</sup> La respuesta del empresario se enfocó a evadir las críticas técnicas al proyecto<sup>20</sup> argumentando que “las obras son provisionales y en tal caso de existir accidentes lo importante será que no tendrán influencia alguna en nuestras instalaciones.” A estas respuestas el ingeniero Rugama concluía:

---

<sup>19</sup> Ibid.:190

<sup>20</sup> El Ing. Rugama reportaba que, “todas las anteriores observaciones las hice presentes al Sr. Vaquié quien me expreso que aunque las dimensiones y la pendiente, pudieran parecer exageradas, la Compañía se habrá visto obligada á adaptarla porque quiere defender las instalaciones que en Necaxa vá á establecer de la acción de las crecientes para impedir que se arrastren hasta el depósito las piedras, los troncos de árboles, materias que se han de acarrear durante esas grandes crecientes, y que acumulados en el gran vaso regulador pueden arruinarlo y ponerlo fuera de servicio por algún tiempo. El mismo señor Vaquié, me agrega que la compañía trata de impedir que el agua pase por encima del dique y que espera conseguir sus propósitos construyendo un canal de descarga capaz de devolver al río abajo de la presa todo el volúmen de una máxima creciente. Reconoce también la compañía que el verdadero papel del canal de descarga es el de un regulador y dice que más tarde construirá las compuertas necesarias para llevar ese objeto, utilizando entre tanto el citado canal para desviar provisionalmente el río y proceder a la construcción de las obras que allí van a erigirse. En cuanto a los desastrosos efectos que puede causar la velocidad del líquido me dice textualmente –el sr.Vaquié- “Si a pesar de las precauciones que se tomarán para dar al fondo y á las paredes laterales del canal toda la resistencia posible, se producen desperfectos y desgastes á concidencia de la gran velocidad del agua nosotros consideramos este accidente como de poca importancia, y sin consecuencias supuesto que el agua una vez que haya franqueado la compuerta del Canal de descarga, no tendrá más que unirse al río, abajo del dique (Ibid.: Foja 191)

No me satisfacen del todo las razones expuestas por la compañía, pues nunca podrá proporcionarse un canal de descarga para dar cabida a todas las crecientes pues éstas son tan variables en cada temporada... La presa es sabido que trabaja menos cuando esta rodeada de agua que cuando detiene el líquido de un sólo lado. Por consecuencia juzgo que en vez de preocuparse tanto por conseguir que no se hagan sentir en el dique los efectos de la creciente, la compañía debe conceder su atención de toda preferencia á construir sus obras con una gran estabilidad.

Sin embargo todo lo que anteriormente se ha dicho debo de reconocer que el proyecto tal como lo presenta la compañía no queda fuera de los términos del contrato, ni a nadie más que a ella misma perjudica, porque tendrá que gastar en su apertura y en su conservación sumas mayores de las que requeriría un canal mejor concebido. Y en cuanto a los desgastes del suelo á consecuencia de la fuerte velocidad significarán también gastos de reparación sin tener en el presente caso los inconvenientes que habría si el canal de que se trata se destinase á acueducto en vez de ser un ladrón á vertedor de demasías.<sup>21</sup>

Otro elemento que se presenta en este informe es la definición de la central hidroeléctrica del tipo de derivación, el cual se determina por el tipo de conducción hidráulica en relación a la casa de máquinas. La Colocación de cañerías para este sistema define la complejidad de la obra ya que para utilizar el agua del río Necaxa se proyectó una cañería que tendrá que atravesar un túnel de 312 mts. de longitud. La longitud total de cañería hasta el edificio eléctrico se cálculo en 1 213 metros. Respecto al sistema Hidroeléctrico no representa gran variación en relación al estudio anterior será quizá que aún no hay elementos que refutar, pues apenas se engendra la idea. Hasta este momento el informe expresa la proyección de una central en donde se empieza a definir cada una de sus etapas con mayor precisión pero sobre todo con la estructuración de un lenguaje cada vez más `positivo`.

---

<sup>21</sup> Ibid.:192-193

### **c. Tercera etapa: la transición**

No paso mucho tiempo del anterior estudio cuando ya se planteaban nuevas modificaciones a la concesión de origen. Esta vez no se requería más agua, por ahora, sino tierra para poder almacenar la gran cantidad de agua que podía ser aprovechada para producir energía eléctrica. Así para octubre de 1898 el señor Vaquie promueve, a través del gobierno de Puebla, la expropiación de un terreno del pueblo de Necaxa<sup>22</sup> así como la ampliación de la concesión.<sup>23</sup>

Se acercaba la llegada del siglo XX y el convenio era, según el contrato que dio origen a la concesión de 1895, producir 8, 000 caballos de vapor para inaugurar el siglo. La verdad era que las condiciones en que se encontraban las obras no estaban para producir ni una chispa de energía. Pues de las obras hidráulicas solamente se había construido una presa provisional para desviar el río de Necaxa y también para este objeto se había abierto el canal de derivación o de descarga aprobado en el proyecto general. Este canal tenía proporciones exageradas, según apreciación del ing. Rugama, y fue necesario hacer un tajo que produjo un cubo de 11 500m<sup>3</sup>. La gran amplitud de este canal permitiría trabajar en la erección de la presa definitiva, aún ausente. La restante obra hidráulica, la boca toma y la colocación de los conductos forzados o cañerías, no se habían podido hacer debido a la falta de caminos para conducir piezas de mucho peso. Entre otras cosas se había concluido en la ‘necesidad imperante’ de la construcción del ferrocarril pues no obstante de haber practicado camino “no será posible concluir las instalaciones porque no sería posible conducir hasta el lugar de la caída las maquinarias y tubería por su peso si no es construyendo una vía férrea entre Necaxa y

---

<sup>22</sup> Telegrama dirigido a la Secretaría de Fomento procedente del Gobierno del Estado de Puebla fechado el 11 de octubre de 1898. AHA, AS, caja 4192, exp. 56591. Lamentablemente las características de esta expropiación aún no son puestas a la luz. Aún falta más estudios respecto al papel desempeñado por el gobierno del estado de Puebla frente al gobierno Federal y también el papel que ejercieron tanto los lugareños afectados como los caciques de la región pues no podemos olvidar el proceso de centralización que el Estado mexicano enfrentaba frente a las fuerzas regionales que todavía representaban importantes fuentes de poder. Por lo que cabe preguntarse de qué forma se dió la ‘negociación’. Por su parte la empresa Mexican Ligth and Power, como veremos más adelante se comprometió a realizar obras en favor del Nuevo pueblo de Necaxa.

<sup>23</sup> *Diario Oficial*, 26 de abril de 1900

San Antonio que ha procedido ya a obtener la concesión respectiva para el ferrocarril y que una vez ejecutado éste ya podrá con facilidad hacerse la primera parte de la maquinaria”.<sup>24</sup> Dos años más tarde, en 1902, la situación para la construcción del sistema hidroeléctrico demandaba nuevas modificaciones,

La importancia que tiene el objeto de la concesión, el gran capital que se exige para la instalación de las obras necesarias para que aquella concesión surta todos sus efectos y la necesidad siempre creciente que tiene el Distrito Federal para mejorar sus condiciones industriales y para poder satisfacer todas las exigencias que la civilización moderna impone para la instalación de máquinas generadoras de fuerza motriz que den vida a los grandes centros de población. Todas estas circunstancias, han sugerido a la empresa concesionaria de una manera imperiosa e ineludible, la necesidad de dar mayores proporciones a la empresa para cumplir su esfera de acción y hacer sentir beneficios para toda persona o empresa que deseara utilizarlos, y solicitar el traspaso de la concesión a una compañía que lleva el nombre de la Mexican Ligth & Power Company.<sup>25</sup>

La primera etapa de Necaxa quedaba atrás, con la formación de la Mexican Ligth and Power Company se define la proyección del sistema hidroeléctrico dirigido exclusivamente a la venta ya no de un excedente sino de su producción total. Con un sistema de distribución que abarcaría los principales centros de producción, Hidalgo, D.F. Estado de México, Puebla. Sin embargo este crecimiento no fue abrupto sino paulatino y sobre todo resultado de diferentes etapas.

## **2. La Mexican Ligth and Power Company y la ‘Consagración del Progreso’**

En 1901 el ingeniero de nacionalidad norteamericana, Pearson visitó la caída del río Necaxa. En su esquema, ideó un conjunto de represas que almacenarían el agua de las temporadas lluviosas y una serie de tuneles que unirían las vertientes de los ríos

---

<sup>24</sup> Oficio con fecha del 30 de mayo de 1900 dirigido al Ministro de Fomento, firmado por Sr. Vaquiè. AHA, AS, caja 4187, expediente 56536, foja 55. De ello dio como resultado una concesión para construir los 50 kilómetros de ferrocarril, con un costo de no menos de \$ 500,000 a la Sociedad de Necaxa pero que ‘serviría después para la buena explotación de los productos de sus industrias.’.

<sup>25</sup> Ibid.: 59

Necaxa y Tenango así como sus afluentes, garantizando de esta forma una reserva importante durante la temporada de secas. Los generadores se instalarían al pie de cada una de las caídas y la energía generada se distribuiría a un mercado muy extenso. (Ver mapa 1). La primera transmisión de energía comenzó en diciembre de 1905. Sin embargo diversos contratiempos impidieron la terminación del proyecto, por lo menos en la primera década del siglo XX.<sup>26</sup>

Con el traspaso de la concesión a la Mexican Light and Power Company inician, nuevamente, ajustes, estudios y revaluaciones a las obras del sistema hidroeléctrico de Necaxa. Así en marzo de 1904, tras la revisión del nuevo proyecto general se concluye que casi en su totalidad se había variado el proyecto<sup>27</sup>. Dentro de las principales modificaciones se encontraba sin duda la construcción de una gran presa la cual contemplaba no solo la inundación de un pueblo sino de dos más. Esta presa almacenaría 45 000, 000 metros cúbicos de agua; el almacenamiento tenía como objetivo el poder aumentar la altura de la caída, el agua se tomaría desde el fondo del vaso, por medio de un túnel de 150 metros de longitud a través de uno de los cerros que servirían de contrafuertes a la presa. Otra de las modificaciones principales fue la locación del túnel proyectado para desviar las aguas del río de Tenango y unirlos al río de Necaxa. En el antiguo proyecto se había propuesto la construcción de un túnel de 1100 metros para unir los dos ríos pero en diferente lugar. Con motivo de la construcción del gran depósito de agua proyectado hubo la necesidad de variar el trazo del túnel, y se proyectó uno de 1060 mts río arriba y distante del anterior 3350 mts. Éste túnel se planeó para tener una mayor capacidad para el volumen de agua. Además se planteó la construcción de los túneles 3, 4 y 5 de 200 mts 110 y 100 mts respectivamente, con la finalidad de poder llevar a través de las inflexiones del río, los tubos alimentadores, hasta alcanzar

---

<sup>26</sup> Apenas unos meses después de la inauguración un tramo de la presa principal se derrumbó ocasionando la muerte de varios trabajadores. Después una fuerte sequía azotó la región. En 1907 en el contexto de la crisis financiera por la que atravesó México, la misma compañía tuvo fuertes problemas económicos que hicieron tambalear las obras de crecimiento de la central hidroeléctrica.

<sup>27</sup> AHS, AS, caja 4191, exp. 56586, fojas 192-193, "Informe que rinde a la Secretaría de Fomento el Ingeniero Agustín del Río, relativo a las obras que la Mexican Light and Power Co. está ejecutando en los ríos de Tenango y Necaxa." Fechado el 12 de marzo de 1904

la segunda caída natural del río de Necaxa, donde se colocaría la primera instalación hidroeléctrica. Abajo de dicha primera instalación, se proyectaba construir una segunda fuerza para formar un segundo vaso regulador, de donde por medio de un túnel de 2 828 mts se alcanzaría la segunda caída del río tenango, a bajo de la cual estaría colocada la segunda instalación hidroeléctrica.<sup>28</sup> Hasta ese momento las obras estaban avanzadas, respecto al túnel no. 1 se había perforado 160 mts; los túneles 4 y 5, para esa fecha, ya habían quedado comunicados; los túneles 2 y 3 llevaban la mitad de la longitud. También para estas fechas se había comenzado con la construcción de las presas no. 1, la cual serviría para desviar el curso de las aguas del río tenango y la presa no. 2 la cual serviría para almacenar el agua. De igual forma, el estudio general de las líneas de transmisión había quedado terminado desde el lugar denominado “Venta Colorada hasta la ciudad de México, faltando sólo de terminar desde la Venta Colorada hasta Necaxa, pues lo accidentado del terreno en esa parte ha hecho que se hagan varios estudios.”<sup>29</sup>

Con el desarrollo de la central hidroeléctrica y su red de distribución la Compañía no sólo se propuso abastecer la demanda de energía de la Ciudad de México sino que también daría abasto a Compañías del norte y este de México y a la agricultura cerca de Apizaco así como Irapuato y algunos otros territorios adyacentes. Uno de los principales problemas a resolver era el aseguramiento del recurso hidráulico frente a las posibles adversidades de la naturaleza y una parte clave para el desarrollo del sistema hidroeléctrico fue sin duda el diseño de su ubicación geográfica, las cuales fueron factores que quedaron contemplados en el proyecto de Necaxa,

El local elegido para el depósito, presas y estaciones generadoras está en el valle del río Necaxa... En un punto justamente en donde el río se precipita por barrancas y precipicios para ir o desembocar en el mar, se esta construyendo una presa de tierra y concreto que ha de ser de 140 pies de altura y cerca de un octavo de milla de larga medida por la superficie. La compañía al llevar a cabo sus arreglos para juntar toda esta agua, ha tenido que comprar tres pueblos, Patoltecoyo, San Miguel y Necaxa en

---

<sup>28</sup> Ibid. 192 bis.

<sup>29</sup> Ibid. 193 bis.

las cuales han vivido generaciones, y cuyos terrenos serán dentro de pronto inundados por las aguas de un lago artificial de no menos de 123 pies de profundidad.<sup>30</sup>

Para el año de 1904, después de aprobados los planos, las obras civiles marchaban a grandes pasos, la transformación del paisaje era imperante. La red natural de los ríos afluentes del Necaxa tenía que someterse a las nuevas necesidades humanas. Así, las aguas del río Tenango fueron vertidas al río Necaxa por medio del túnel (No. 1) de 1060 metros de largo. Para ello fue necesario poner un dique al río Tenango un poco más abajo del lugar donde se bifurcan en sus dos principales ramas, el río Coacuila y el río Matzontla. El túnel que unió al Tenango con el Necaxa medía 3.04 metros de ancho por 2.13 metros de altura, el cual había sido perforado en una montaña e iba a dar al río Necaxa tres millas arriba de la presa principal. En un informe realizado por un ingeniero de la compañía da cuenta de los trabajos en las obras,

El punto donde la presa principal está situada es muy ventajosa pues es un valle que está rodeado de montañas, menos por un lado que será el que se cubra con la cortina. En una de las montañas ha sido taladrado un túnel en el que están colocándose los tubos de fierro que conducen el agua a las turbinas situadas a 440 metros abajo en una gran barranca cerca del pie de la segunda caída y como a 1380 metros de distancia de la presa. Es en este punto donde se colocara la estación generadora número 1 con seis turbinas cada uno con una capacidad de 7 000 caballos de fuerza. El sobrante de estas turbinas será recogido por una pequeña presa como a 300 metros de la estación generadora del río y de allí será conducida a través de otro túnel de 2 828 mts de largo a la estación generadora no. 2. Más abajo aún, donde se pondrán otras turbinas de una capacidad total de 42 000 caballos de fuerza. La caída de agua en la segunda estación será de aproximadamente de 370 mts. Los generadores en las estaciones funcionarán a una velocidad de 3 000 revoluciones por minuto. Producirán una corriente de tres fases y 50 ciclos que pasa de los transformadores con 4 000 volts; y los transformadores darán

---

<sup>30</sup> AHA, AS, caja 4198, expediente, 56629, fojas 20-30. Informe del Ing. Kimball de la Mexican Light and Power, 1904.

una corriente para las líneas de 60, 000 volts máximo.<sup>31</sup> Esta proyectado tener dos y si es posible tres líneas a México, con una capacidad de 20 000 caballos de fuerza cada una de tal manera que en el caso de que sucediera algún accidente a una línea quedarían las otras en reserva. Los cables conductores serán soportados por forces de fierro que se colocarán a 450 pies de distancia una de la otra irán con aisladores de porcelana que se han hecho especialmente para este propósito y que son de una clase de los mejores que se han usado en casos iguales. Los tubos de acero que conducen el agua de la presa principal a la estación generadora son dos, y hasta los primeros tres o cuatrocientos metros, son de ocho pies de diámetro, después los siguientes 600 mts. Son de 6 pies de diámetro y al final de ésta sección ambos tubos se unen en uno principal de los que salen 6 tubos; tres de cada túnel y conducen el agua a 600 mts abajo de las turbinas.

Una planta provisional para producir poder, aire comprimido, bombas y malacates eléctricos ha sido instalada al pie de la primera caída en el río Necaxa. En la planta además de compresar el aire movido directamente por una turbina Pelton, hay dos generadores de 50 kw. 500 volts movidos también por una turbina pelton que abastecen de luz a los campamentos, túneles y otras partes. Además de otros aparatos que se han contratado con la General Electric Co. ha sido acordado recientemente el comprar 15 trasformadores para aumentar de 2000 kw y 16 para disminuir de 1800 kw con el tablero de distribución completo para la estación generadora de necaxa y la de distribución.<sup>32</sup>

Hasta este momento el proyecto diseñado y dirigido por el ingeniero Pearson, miembro fundamental de la Compañía, contemplaba solo el primer embalse, del total de cinco con que culmina la primera gran etapa (1910), del sistema hidroeléctrico de Necaxa. (Ver plano) En resumen este primer paso (hasta 1906) consistía en dos caídas; la

---

<sup>31</sup> Para darse una idea de la ambición del proyecto: La primera gran instalación eléctrica, diseñada para tener una capacidad final de 200.000 c. v se comenzó a instalar en Niágara en 1886. Tras 16 años de estudios, inicialmente se había pensado equiparla con turbinas Jonval, pero finalmente en 1895, la Niagara Falls Power Company utilizó las turbinas centrífugas Fourneyron, cada una de las cuales generaba 5.500 c. v. Muy pronto se adoptaron turbinas de tipo Francis las turbinas de Jonval también se utilizaron allí en fecha muy temprana. A pesar de que los sistemas hidroeléctricos adquirieron mayor importancia, su funcionamiento satisfactorio necesitaba una excepcional combinación de condiciones locales y una considerable inversión de capital. En 1903, la empresa Canadien Niagara Power Company tenía una serie de turbinas Francis dobles que funcionaban bajo un salto de agua de 40 m. generaban 10.000 c.v. a 250 revoluciones por minuto. (Derry, 1991)

<sup>32</sup> Ibid.: 20-30

primera de 440 metros y la segunda de 370 mts., con seis turbinas cada una las cuales producían 7 000 caballos de fuerza, es decir un total de 84, 000 caballos de fuerza. Otro aspecto importante que se manifiesta en esta primera etapa de construcción a manos de la Mexican Light and Power Co. es la planificación de los usos y el establecimiento de los mercados disponibles. Para ello la red de distribución nos muestra los alcances de esta nueva forma de industria. (Ver Mapa) Por lo pronto se planteaba el servicio a las ciudades en alumbrado y en los ferrocarriles eléctricos. Tan sólo en la ciudad de México se calculaba una disposición de 20 a 30 000 caballos de fuerza. Pero también existían los alrededores de las ciudades en donde se contemplaban todo tipo de industrias en donde se encontrarían compradores inmediatos. El campo también se vio como un mercado atractivo a quien ofrecer esta nueva mercancía “Todas las tierras alrededor de México son fértiles y útiles para grandes plantíos siendo que se pueda irrigar propiamente. Como la irrigación se hace actualmente por medios difíciles y laboriosos y no se hace a gran escala, la electricidad fácilmente relevará todos estos métodos.”<sup>33</sup>. La meta era entrar a cada uno de los ricones de la sociedad que se estaba transformando. Penetrar en la cotidianidad, “también las mujeres muelen el maíz para hacer tortillas para uso de la familia y aquí de nuevo la electricidad evitará éste arduo trabajo a las mujeres que será substituído por los molinos de maíz”.<sup>34</sup>

Lo interesante del sistema hidroeléctrico de Necaxa era que estaba diseñada para empezar a funcionar en un corto plazo, de dos años a partir de 1904, pero además pensando en el crecimiento del proyecto el cual se extendía cada vez más. Nuevamente

---

<sup>33</sup> Ver Herrea y Lasso. Treinta años después el ingeniero Herrera se planteaba las mismas inquietudes como la única forma de estimular el campo. En este artículo se lamenta ‘la quietud de los que viven de la tierra, parecería que no se resuelven a alterar su quietud, cobijados en su individualismo y apegados a sus prácticas seculares. Además de la ignorancia de los agricultores respecto a los beneficios de la electricidad existen otras dos razones, una estriba en el alto costo de las redes de transmisión y servicio y equipos transformadores sólo económicamente justificados cuando el número de importancia de los consumidores autorice la inversión. La otra proviene de las dificultades prácticas que entraña la distribución entre clientela muy disímbola y diseminada sin organización colectiva alguna. Cooperativas especiales puede ser la solución, pero éstas no se improvisan ni se estabilizan sin tropiezos’. “La electricidad en la vida rural” en *Irrigación en México*, Vol. III, junio 1931, no. 2. Páginas 117-119.

<sup>34</sup> AHA, AS, caja 4198, expediente, 56629, fojas 20-30. Informe del Ing. Kimball de la Mexican Light and Power, 1904.

en mayo de 1906 las concesiones otorgadas a la empresa se extienden para el aprovechamiento de la cuenca hidrológica de Necaxa la cual abarcó para este año los distritos de Huachinango, Zacatlán y Chignahuapan en el estado de Puebla. Desde principios de 1906 ya estaban instaladas seis turbinas Escher Wyss Co. de 8 200 caballos de fuerza cada una, estas turbinas movían a seis generadores Siemens & Halskem de 5, 000 kw cada uno, con una capacidad máxima de 8 000 k. w. Paralelo a estas instalaciones ya se estaban proyectando para los siguientes meses la instalación de nueva maquinaria proponiendo algunos cambios para aumentar la capacidad de la casa de fuerza no. 1 de 36 000 kw a 73 000 kw . Para lograrlo ya se habían solicitado las nuevas turbinas a la Escher Wyss Co. por lo que se calculaba que para finales del siguiente año se transmitieran los 73 000 kw.

Respecto a las líneas de transmisión comprendían una doble fila central de Necaxa a México de 156 kilómetros y de ésta ciudad al Oro de 122 kilómetros o sea un total de 278 kilómetros. Para las líneas de transmisión se emplearon tres mil torres de acero, llevando cada una tres circuitos de alambre de cobre, entre Necaxa y México, y una línea de dos alambres entre México y el Oro. El alambre de cobre empleado es torcido con capacidad de 6 000 voltíos las líneas desde México hasta el Oro Transmitiendo 40 000 caballos de fuerza con una pérdida no menor de 8% y desde el Oro 10 000 caballos de fuerza con 5% de pérdida. Según se calculaba a 84 000 voltíos, estas líneas transmitirían dos veces más fuerza con la misma pérdida. Para aumentar hasta este voltaje sin peligro todos los aisladores se adaptaron del tipo “Río Type” Esta línea suspendida se concebía como “la más larga que jamás se haya emprendido desde una sola planta de fuerza”<sup>35</sup>. Es decir daba inicio el surgimiento de la industria eléctrica en nuestro país.

---

<sup>35</sup> “Memoria descriptiva del estado que guardan actualmente las obras hidráulicas pertenecientes a la Mexican Ligth and Power Co., según concesiones de 1903 y 1906” elaborado por el Ingeniero L. Villarreal. AHA, AS caja 627, expediente 47943, fojas 22.

También para este año la empresa ya contaba con un ferrocarril privado que conectaba el sistema eléctrico entre sus principales obras (Ver Plano) con una extensión total de 53 kilómetros.<sup>36</sup>

El embalse. Para la construcción de las obras se habían utilizado los más innovadores métodos de construcción así como los materiales más experimentados<sup>37</sup>. La combinación de terrenos resistentes e impermeables en conjunto con el sistema de represas dieron cabida a la primera parte constituida en la cuenca del río Necaxa la cual era alimentada por la presa de la Laguna, esta a su vez era alimentada por la presa del Coahuila la cual servía también para desviar parte de las aguas del río Tenango. Por lo que la presa de Necaxa desempeñaba un papel fundamental en la conformación del sistema de allí que la construcción del embalse demandó toda la atención de la empresa desplegando extraordinaria precaución en su base de cimentación, para asegurar un compacto seguro contra las filtraciones de agua, la calidad de esta cimentación superaba a las logradas en Estados Unidos. Las dimensiones que la presa guardaba consistían en una altura de 59 metros; la longitud de la cresta era de 360 mts., el ancho de la cúspide de 16.5 metros, espesor de la base 350 mts. Elevación del desagüe 1338; capacidad del receptor lleno 45 000 000 mtrs<sup>3</sup>; con un volumen de construcción de 1 633 683, con un peso total estimado de 3 500 000 toneladas.

Dentro de los métodos de construcción innovadores se encontraba el estudio y la utilización de los materiales locales para la construcción de las principales obras civiles. Así la construcción de presas de tierra fue la variable a seguir pues según los criterios de la compañía éstas eran preferibles a cualquier otro procedimiento, “porque el conjunto de los componentes que forman la estructura de la presa ofrecen la resistencia

---

<sup>36</sup> Ibid.: foja 5-6

<sup>37</sup> El conocimiento ‘acumulado’ para la construcción de este sistema eléctrico provenía del equipo de ingenieros encabezados por Perason quien tenía extraordinaria experiencia en proyectos desarrollados en Inglaterra, Estados Unidos, Canadá, Brasil, Egipto y la India. Para ver la trayectoria de los proyectos ejecutados por Pearson ver Christopher Armstrong y H. V Nelles *Southern exposure. Canadian promoters in Latin American and the Caribbean, 1896-1930*. University of Toronto Press, Toronto, 1988.

suficiente para la seguridad e impermeabilidad que la estructura ha requerido”.<sup>38</sup> En realidad la construcción de presas de tierra era más bien un sistema de “presas experimentales”. Dicho sistema había sido aplicado con gran éxito en diferentes proyectos en Estados Unidos, Canadá, Brasil y Panamá.<sup>39</sup> Muchos estudios se hicieron para determinar qué materiales se debían de extraer y en que parte de las obras podía utilizarse para dar forma compacta e impermeable así como de resistencia hidráulica. El sistema de presas experimentales o de tierra consistía en un complejo de obras hidráulicas conocidas como de relleno hidráulico. El cual consistía en los siguientes pasos:

Una vez elegido el lugar que debe ocupar la presa y hecha la cimentación, se colocan dos grandes enrocamientos de piedra apilada a los largo de la presa y que formaran el exterior de los taludes. El espesor de estos enrocamientos depende de la altura de la presa y de la gravedad específica de la roca empleada. El hueco entre los dos enrocamientos es el relleno hidráulico que forman el compacto resistente e impermeable y que constituye el núcleo de la presa. Este compacto generalmente en forma de barro, arena arcilla, y roca quebrada de diversos tamaños, cuyos materiales se traen de puntos elegidos de las montañas cercanas en donde son excavadas por medio de chorros de agua proyectados a fuerte presión por gigantes hidráulicos o monitores de 4 a 6 de diámetro. Estos gigantes según las circunstancias consumen de 600 a 800 litros de agua por segundo. El material deslavado y deshecho por la fuerza de estos chorros es transportado por medio de canales inclinados por la misma agua al lugar en que deben de ser depositados en la presa. Estos canales están arreglados de tal manera que el inclinamiento de la estructura de la presa vaya siendo uniforme. Los materiales al llegar al lugar destinado se van depositando según su gravedad que va hacia dentro, es decir el

---

<sup>38</sup> “Memoria descriptiva del estado que guardan actualmente las obras hidráulicas pertenecientes a la Mexican Light and Power Co., según concesiones de 1903 y 1906” elaborado por el Ingeniero L. Villarreal. AHA, AS caja 627, expediente 47943, fojas 22.

<sup>39</sup> Las firmas que utilizaron este método experimental fueron El Northern Pacific Railway, el F.C Southern Pacific y bajo la inspección de la Sociedad Americana de ingenieros civiles la construcción de la presa Gatun la cual estaba en construcción y cuyo objetivo era parte de las obras del canal interoceánico de Panamá.

material fino queda en el centro y el más grueso va quedando fuera, y al irse desalojando el agua forma una masa compacta e impermeable.<sup>40</sup>

Este método, según opinión del ingeniero inspector, mostraba una prueba evidente de la sencillez e importancia de esta clase de presas que se construyen en una época en que los hombres de ciencia por medio de procedimientos mecánicos logran triunfar sobre la naturaleza. Prosigue, “el fundamente de la construcción de estas presas de relleno hidráulico que se llamaría natural es altamente científico. Cada factor de su conjunto desempeña su papel además de que su todo constituye resistencia (impermeabilidad, deslislamiento de su base y abatimiento).”<sup>41</sup>

La construcción de la presa principal, conocida como la número 2, fue considerada en ese momento como la más importante por su magnitud pero también por la función que desempeñaba en el desarrollo de fuerza en relación a la planta no. 1. Además de la proyección en el futuro de la central hidroeléctrica. Y así se entendía: “la estabilidad de esta obra depende la seguridad y éxito de todo lo que formará el sistema de Necaxa, de tal manera que para la construcción de este vaso al que concurren por medio de otra captación y derivación todas las demás aguas que aportan las cuencas hidráulicas de Tenango, los Reyes, Xalpetuxtla, Nexpa, Almoloya y Laxalapam con todos sus afluentes.”<sup>42</sup> Al principio se proyectó una presa de mampostería y concreto. Investigaciones cuidadosas del suelo demostraron la existencia de una roca poco estable y de carácter dudoso, pues según el informe era débil y poco resistente para soportar el enorme peso de semejante presa de mampostería. Las perforaciones que se hicieron en las laderas de los ríos y las montañas demostraron la carencia de roca maciza e impermeable. Debido a esta información de este terreno que serviría de cimentación, los ingenieros encargados de la dirección y construcción de las obras cambiaron el diseño del mismo, apoyándose para ello en la naturaleza de las rocas que se extraían al perforar

---

<sup>40</sup> Memoria descriptiva del estado que guardan actualmente las obras hidráulicas pertenecientes a la Mexican Light and Power Co., según concesiones de 1903 y 1906” elaborado por el Ingeniero L. Villarreal. AHA, AS caja 627, expediente 47943, fojas 1-22

<sup>41</sup> Ibid.:11

<sup>42</sup> Ibid: 12 y 12 bis

las montañas cercanas con motivo de la construcción de los túneles hacia la casa de fuerza. De esta forma se decidió proponer la construcción de la presa de tierra.

A pesar del esfuerzo de un gran equipo de ingenieros que se empeñaron en utilizar los mejores métodos de construcción basados en el conocimiento científico, no fue suficiente para evitar el derrumbe de una parte de la presa principal, apenas unos meses después de la inauguración de las obras. Accidente que ‘no tenía precedente en los anales de la ingeniería de presas de tierra’. El derrumbe consistió en el deslizamiento hacia el interior del vaso de un gran volumen de los materiales que componían la estructura de la presa. Los estudios practicados después del accidente mostraron que el volumen derrumbado fue de 555 000 metros cúbicos que se deslizaron de su posición ‘natural’ y parte de este material cayó al canal de entrada de los tubos de alimentación al pie de la torre de válvulas, lo que ocasionó la paralización de la planta por más de 24 horas.

La reconstrucción de la presa estuvo a cargo del mismo Perason, del ing. Schuyler y de un gran equipo de ingenieros. Con aparatos especiales, ideados concretamente para este problema, iniciaron nuevamente los trabajos del relleno hidráulico. Después de este suceso se practicaron una serie de estudios que explicarían la causa concreta del accidente. La intención era, por supuesto, superar cualquier adversidad, perfeccionar el método, lograr el control total de las variables y posibles fallas, por que después de todo la central hidroeléctrica de Necaxa seguía en indudable expansión y tenía que ser acompañada de un mínimo margen de error. Los accidentes tenían que ser descartados y todo lo que causara pérdidas y, quizá lo más importante, evitar a cualquier costo la interrupción del servicio eléctrico.

### 3. Necaxa a la cabeza del viraje tecnológico: entre lo regional, nacional y mundial

Uno de los niveles que se desprende al observar el desarrollo del sistema hidroeléctrico de Necaxa es en relación con el ámbito político. Además de las políticas económicas que caracterizaron al Porfiriato, la cual se ubican en un plano del proceso de centralización, el recurso del agua, fuente de energía vital para este sector, se relaciona estrechamente con las fuerzas políticas locales y regionales, las cuales, fueron actores claves para la determinación de los usos de agua<sup>43</sup>, en donde se observa claramente una pugna entre centralismo y regionalismo, como puntualiza Aboites:

De frente al siglo XX, lo que más destacaba del siglo XIX, es la lejanía de los gobiernos estatales, y más aún del gobierno federal. Esta lejanía podía verse matizada en casos de conflictos. Pero de cualquier manera la pregunta clave es: si en el siglo XIX no había injerencia estatal y federal en el ramo, cómo se manejaban las aguas (Aboites, 1998:26)

Por lo que las políticas fiscales de concesión de recursos jugaron un papel fundamental al garantizar el uso exclusivo del agua y mantener resguardados los derechos de concesión por un periodo largo. A demás todas aquellas políticas de exención de impuestos en diferentes rublos.<sup>44</sup> Las concesiones no sólo de agua<sup>45</sup>, a

---

<sup>43</sup> Recientemente se han presentado trabajos que observan la problemática de los usos de agua a partir de dos enfoques, el primero como una forma de historia política en donde se ve la lucha por el agua como un enfrentamiento entre los diversos poderes locales y nacionales y los procesos que derivan en la conformación del estado posrevolucionario; el segundo enfoque da mayor énfasis a mostrar los problemas de medio ambiente que surgieron a partir de una “nueva visión” en torno a los usos de agua, ver Tortolero, 1996 y 2001

<sup>44</sup> Por ejemplo la lista de materiales que propone la empresa para la exención de impuestos también hace pensar en las nuevas formas en que esta industria penetra en la vida no sólo de quines la integran, trabajadores, ingenieros, etc. sino de los lugareños quienes fueron afectados directamente. En la lista de la empresa se incluyen “drogas de todo tipo necesarias para proteger la salubridad de los empelados y operarios de la empresa. La misma empresa se propones otorgar gratuitamente asistencia médica profesional no sólo a sus empleados sino a todos los vecinos del lugar a quienes también gratuitamente se proporcionará las medicinas necesarias” Expediente 56536, caja 4187, fojas 171-172. Lista de materiales necesarios que deben de estar exentos de impuestos, fechada el 31 de agosto de 1903.

demás de funcionar como el control de un recurso, se enfocó sobre todo a lograr un control político centralizado, el cual se encontraba diseminado entre los gobiernos estatales y locales. A partir de aquí se genera la idea de ofrecer los recursos nacionales a diestra y siniestra. Sin embargo, si bien la política del estado era, efectivamente impulsar la inversión, dentro de este gran corpus que entendemos como Estado también había fuerzas que emanaban de su interior y que podían reaccionar de una manera distinta a esta política. Así vemos que lo más frecuente en este periodo fue la contraparte de los poderes locales y regionales, quienes no iban a permitir perder su dominio frente a la inversión extranjera.<sup>46</sup> Ahora bien, otro gran impulso que se le dio a la inversión de capital extranjero y en especial a la industria eléctrica fue una nueva mentalidad de las clases gobernantes. La idea del progreso era impensable sin tecnología, y mucho menos sin luz. Esto explica, en parte, la asombrosa prontitud en que se adoptó y difundió la generación de energía eléctrica. Como consecuencia de lo anterior el papel del Estado como promotor de la vanguardia tecnológica fue fundamental a partir de la estimulación de este pensamiento del “progreso”<sup>47</sup> y el fomento para la creación de un cuerpo de profesionistas técnicos encargados de esta especial tarea.

---

<sup>45</sup> Vemos que el gran esfuerzo del estado Porfiriano se enfocó a concretar el control de todos los recursos naturales: bosques, tierras, minerales y posteriormente el petróleo.

<sup>46</sup> A lo largo de la historia las disputas por el agua siempre estaba presente, los involucrados eran los vecinos de la región quienes trataban de sacar mejores beneficios a sus aprovechamientos. Sin embargo las disputas se hicieron más evidentes a lo largo del Porfiriato cuando el movimiento de los capitales y de población transformó, a veces gradualmente pero en otras de forma brutal, las viejas costumbres y modos de manejar los recursos naturales, los medios productivos y en general las formas de trabajo y la organización social. El agua como componente de grandes negocios hacía sentir sus exigencias. Esa irrupción de agentes “externos” (inversiones, personal calificado, comunicaciones ferroviarias, máquinas y herramientas) trajo consigo el trastocamiento de la vida local incluyendo las reglas tradicionales de manejo de agua. (Aboites, 1998:55)

<sup>47</sup> Una cara del progreso dio pauta a la destrucción de pueblos enteros, transformación completa de la naturaleza y todo esto fue “aceptado aparentemente” en nombre del progreso. Vemos en un Informe que remite la Cía. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz a la Secretaría de Fomento fechado en el año de 1913, iniciada la revolución maderista, que todo era orden y progreso hasta que con la sublevación de 20 hombres pertenecientes al destacamento de rurales a cuyo cargo estaba, nada menos que la vigilancia de las instalaciones de la hidroeléctrica y líneas de transmisión, entraron a la planta con armas en la mano y al grito de “Ya resucitó Ojo Parado, vivan los maderistas ” la historia cambió, el pueblo se había levantado contra el progreso, contra las torres y contra quienes habían perforado sus cerros. La historia no concluye ahí, terminada la revolución venía la etapa de la “reconciliación” entre ambos mundos.

Para el caso de Puebla el gobierno estatal encabezado por Martínez, durante el periodo de 1892 hasta culminado el porfiato, fue clave para la establecer las condiciones favorables a la inversión. En primer lugar fue un gobierno que se caracterizó por seguir el modelo de ‘orden y progreso’ impuesto por Porfirio Díaz siguiendo al pie de la letra las recomendaciones de don Porfirio estableciendo los mismos mecanismos políticos y sociales para lograr el reforzamiento del centralismo<sup>48</sup>. En segundo lugar la visión de este gobernador, quien se consideraba a sí mismo como el ‘primer ciudadano’ de Puebla y comprometido con el fomento de la instrucción pública que, según consideraba, ‘necesitaba un cambio radical el sistema de enseñanza por otro que fuera más adaptable a las modificaciones del medio en que vivimos’ (Godoy, 1991: 17) hacía pensar en el compromiso que se tenía con el surgimiento de las nuevas instituciones. Sin embargo la enseñanza técnica y de la electricidad se daba más en el discurso de muchos que en la práctica de pocos. Pues apesar de que el estado se vangloriaba con la fomación de profesionistas y técnicos los resultados obtenidos no correspondían a los esfuerzos anunciados.

Para el caso de la formación de un monopolio y la incursión de fuertes capitales extranjeros en un proyecto de gran alcance implicaba un mayor compromiso por parte del Estado para salvaguardar el orden y la paz, frente a los poderes locales y regionales. Lo cual pudo darse en el caso de Puebla por las carcaterística de la economía regional la cual se basaba en una industria enfocada a un mercado interno. Pero también la influencia del estado se hizo presente, el control estatal fue tajante a través de las políticas de concesión de agua, herramienta fundamental para la centralización del poder federal. Al mismo tiempo con la conformación de nuevas industrias el propio estado se consolidaba como institución de poder central, es decir existía una dinámica mutua. Pero también existieron conflictos a lo largo de la realización de las diferentes etapas de

---

<sup>48</sup> Ver Guerra, 1991. Estos mecanismos se basaron en el establecimiento de relaciones personales, familiares, de parentesco y favoritismos. También el gobiernode Martínez de carcaterizó por su gran habilidad para mantener la centralidad del estado que junto a las propias relaciones que supo construir en el status quo dentro y fuera de Puebla le aseguraron un lugar propio dentro del mundo Porfiriano. Ver Gutiérrez Álvarez, 2000.

construcción del sistema eléctrico que incluyen las grandes obras. Y sobre todo porque la hidroelectricidad implicaba un nuevo uso social del agua, que tenía la particularidad de que el líquido no se consumía, sino que sólo se almacenaba y se hacía pasar a gran presión para dar movimiento a las turbinas, que a su vez movían los generadores. El volumen usado así se devolvía al lecho del río aguas abajo. Sin embargo, el almacenamiento y las necesidades distintas en cuanto a los ritmos de la demanda eléctrica- que determinaban ritmos específicos de extracción y, por lo tanto la disponibilidad de volúmenes diferentes en las secciones bajas del río- eran factores potencialmente conflictivos con los usuarios agrícolas y urbanos de las aguas de la misma corriente. (Aboites, 1998:56-58)

De cualquier manera, las concesiones otorgadas a las hidroeléctricas implicaban volúmenes gigantescos de agua como fue el caso de la concesión otorgada a la Mexican Light Power que consistía en 20 metros cúbicos por segundo. La hidroelectricidad acrecentó aún más los usos de lagunas corrientes fluviales del país, propiciando tensiones y conflictos nuevos o agudizando los que ya existían.<sup>49</sup> Otro ejemplo de ello se observa en la correspondencia entre la Secretaría de Fomento y el apoderado de la Cía Mexicana de Fuerza Motriz, Carlos Cahan, en donde se presentan informes que hacen referencia al problema de la instalación de las torres de energía entre los cerros de Chiquihuite y Santa Isabel por donde cruza el río Tlanepantla y que su construcción afecta su cauce. Posteriormente se exige a la Compañía que la instalación de la torre cumpla con los requisitos exigidos por la Secretaría de Comunicaciones pues:

...Un informe de la Comisión Hidrográfica (muestra) que esta empresa ha construido una segunda torre en la margen derecha del canal de desagüe, en el kilómetro 20 sin

---

<sup>49</sup> Esa tendencia hacia la intensificación de los usos del agua puede ejemplificarse con los proyectos porfirianos que pretendían desecar las lagunas del alto Lerma. Hasta el siglo XIX pueblos y haciendas compartían, en medio de grandes tensiones y conflictos, las ventajas que significaba la existencia de esos cuerpos de agua. (Aboites, 1998:57)

cimientos y sin ajustarse a las condiciones aprobadas por la Secretaría de Comunicaciones<sup>50</sup>

Además de la importancia económica de este acontecimiento el valor que se depositó en un proyecto de tal envergadura se revela en un artículo publicado por la redacción del *Boletín Oficial* quien muestra el impacto en la ‘nueva sociedad’,

“La Industria se ha apoderado de consumo con las ciencias de aplicación de las fuerzas mismas de la Naturaleza...encauzando la poderosa caída del agua para producir energías que por sencilla red de nervios metálicos se transmiten ya á distancias inmensas para suministrar Luz á las poblaciones, calor a los hogares y fuerza motriz á los laboratorios y talleres de la industria...Ahora nos consagramos de lleno á tender vías férreas que ligan entre sí los centros comerciales y acrecentar nuestro comercio, en acondicionar nuestros puertos, en estudiar las condiciones hidrográficas de nuestro suelo”<sup>51</sup>.

Vemos que la esperanza del crecimiento de la nueva industria no estaba solamente ligado al sector industrial sino que se perfilaba un nuevo mercado que abría las puertas para el consumo de un nuevo producto: la energía eléctrica. A través de ella la modernización se estaba filtrando a la cotidianidad de gran parte de la población, principalmente urbana. En las principales avenidas, parques y alamedas los paseos le ganaban tiempo a la noche gracias al alumbrado público. El crecimiento del ramaje de los tranvías crecía cada vez más uniendo nuevas colonias con fábricas en cuyo recorrido se podía observar las telarañas que pendían de un poste a otro y de éstos a una casa particular, comercial o de diversión; y dentro de esta casa ya se podían contar con

---

<sup>50</sup> AHA, Caja 4198, Expediente 56629, fja 101 fechada el 26 de mayo de 1905

<sup>51</sup> “Luz, Calor y Fuerza Motriz para la Ciudad de México. Las Caídas del Necaxa” en *Boletín Oficial* Del Consejo Superior de Gobierno del Distrito Federal Tomo VII, Número 36, 2 de Noviembre de 1906, 569-571.

algunos aparatos que cobraran vida a través de la electricidad. La formación de nuevos estilos de vida dependía ya de este nuevo servicio<sup>52</sup>.

---

<sup>52</sup> El sistema “multifásico” de los capitalistas durante el sigl XIX (ver Haber) tomo nuevos matices con la fundación de la Mexican Ligth and Power, pues la generación fue un primer paso; el segundo fue asegurarse del mercado para ello el sistema de distribución del servicio fue clave (aunque a lo largo del trabajo no se analizó esta problemática por cuestiones de tiempo de ninguan manera este olvido intensional intenta restarle importancia a este rublo, por el contrario si las condiciones lo permiten se tendrá que seguir con esta parte de la investigación en un futuro inmediato)el cual requería de una planeación que garantizara una ganancia digna de una compañía de tal magnitud (la cual fue fructifera por lo menos hasta la segunda mitad del sigloXX), para ello la compañía de Tranvías jugo un papel fundamental pues además de ser un negocio en sí (transportes) significó la traza de las nuevas rutas del mercado de consumo eléctrico, tanto a particulares, fábricas y negocios.

## Conclusiones

En este trabajo se planteo el estudio del sector hidroeléctrico visto a partir de un enfoque de la historia de la tecnología en particular de la aplicación de nuevas formas de conocimiento como lo fue la ingeniería civil e hidráulica en el caso concreto de la central hidroeléctrica de Necaxa. Muchas fueron las preguntas que le dieron origen, posiblemente pocas las respuestas. La discusión en torno a cómo se dio este proceso lo esboce a partir de construir una idea de ‘modernidad’ pues es a su sombra que el desarrollo de la ciencia y tecnología cobran un sentido. De igual forma el ‘progreso’, estandarte del porfirismo, se vuelve un estado ideal, un fin a cumplir, el único camino posible. Vimos que la ‘modernidad’, y las instituciones que emanan de ella, están conformadas por elementos ‘multidimensionales’ uno de ellos es el denominado ‘sistema experto’ el cual simboliza la confianza en el conocimiento generado y su aplicación. Por tanto el único conocimiento válido en esta época es el conocimiento que emana de la razón: la ciencia y la tecnología.

La energía eléctrica es, en un doble sentido símbolo de la modernidad: 1) su desarrollo es resultado del conocimiento científico y tecnológico a la vez que 2) sustenta una fuente ‘inanimada’ de energía y simboliza la alta tecnología al ser la fuente única de energía. La llegada de la energía eléctrica a México se caracterizó por la innovación tecnológica muy apegada al ritmo de los países industrializados. Al observar de cerca cómo se dió este proceso, de aplicación del conocimiento tecnológico, se vió que sólo fue posible con la combinación de múltiples factores que encajan con lo que se entiende por instituciones modernas.

A. Indudablemente la conformación de un Estado-nación pero entendido no sólo como un sistema político sino también integrado por una sociedad en total movimiento, en constante cambio en donde el ‘pensamiento moderno’, la idea de progreso se estaba filtrando en la cotidianidad. Estos dos elementos se determinan uno al otro. El sistema político del presidente Díaz enfocado a lograr la centralidad del poder a través de diferentes mecanismos 1) Políticas económicas enfocadas a estimular la inversión extranjera y políticas encaminadas al control de los recursos naturales, que cobraban un nuevo valor en la sociedad que se estaba perfilando. 2) Esto sólo pudo lograrse con el inicio de la

participación de la sociedad que representaba al pensamiento moderno. Los ingenieros mexicanos iniciaron un papel en la conformación del Estado al aplicar sus conocimientos y sobre todo en el papel de reevaluar las condiciones naturales de México. Los ríos incrustados en montañas ya no eran un estorbo para la unidad sino se había convertido en una forma de riqueza. <sup>1</sup> En el capítulo III vimos la forma en que se proyectó la C.H. Necaxa, los informes en que me base para esta reconstrucción fueron resultado de estudios practicados por ingenieros tanto de la Empresa como por ingenieros de la Secretaría de Fomento. Por lo que hace pensar en una importante participación de los ingenieros desde el estado para su propia consolidación.

B. La implementación de innovaciones tecnológicas representaron grandes retos. Pero la aplicación de estos ‘nuevos conocimientos’ no se dió de forma monolítica ni plana, sino que se manifestó en sus propias dinámicas de ensayo y error. En primer lugar la gran central hidroeléctrica de Necaxa, ‘sinónimo de modernidad’, fue resultado de una proyección en etapas, las cuales se iban conformando en la práctica, en el momento específico lejos de una decisión ‘razonada’; más bien resultado de decisiones prontas, muchas veces arbitrarias. Vimos que en la primera fase del proyecto de la C.H. de Necaxa, a cargo de la Sociedad Necaxa, se pensaba en un proyecto aún poco definido pero sobre todo supeditado a las necesidades de otra industria, en donde la venta del excedente era la pauta a seguir. También observamos, a través del seguimiento de los informes que las características tecnológicas que se desprendían no sustentaban un proyecto de gran alcance. Más bien, según apreciación del Ing. Rugama, el proyecto tenía importantes errores, lo cual mostraba el limitado interés por una ganancia económica más que por el desarrollo de un proyecto de vanguardia. Al obtener los derechos de concesión para el aprovechamiento hidráulico, la Mexican Light and Power dio un giro a la intención del proyecto. El reto fue más ambicioso, pues no sólo planeaba la total transformación de la naturaleza sino que se

---

<sup>1</sup> Su papel no se redujo exclusivamente a ‘vigilar’ el buen funcionamiento de las diferentes obras de infraestructura sino como vimos en el caso del Ing. Oropeza era poner en relieve las ‘nuevas’ riquezas naturales, las cuales podían ser explotadas para el surgimiento de industrias. El caso del Ing. Herrera y Lasso también expone un vivo ejemplo de la importancia de estos profesionistas en el diseño del proyecto nacional.

pensaba la creación de todo un sistema hidroeléctrico <sup>2</sup> que fuera capaz de penetrar en cada uno de los rincones de la sociedad que se estaba transformando.

Según lo anterior los orígenes de la industria eléctrica inauguran la modernidad. Asimismo, en el capítulo III intente mostrar, a través del caso de la C. H. de Necaxa, que el desarrollo de este medular sector no es resultado de la aplicación perfecta del conocimiento generado y sustentado en el discurso científico. Es más bien la integración de múltiples factores, si la innovación tecnológica caracterizó a esta C. H. sólo pudo darse con el engrane de tres elementos: el innovador, el Estado que permite las innovaciones y los monopolios quienes tratan de apoderarse de gran parte de los réditos sociales (Elster, 1997: 86-98). Para el caso de la C. H. Necaxa el innovador se ejemplifica en el equipo de ingenieros que proyectaron y llevaron a cabo la construcción de la gran obra. Tal como intenté mostrar la aplicación de su conocimiento, basado en el total razonamiento científico según su propia apreciación, fue más bien resultado de reflexiones ‘irracionales’ en tanto que su éxito dependió de la intuición, de la capacidad de ver las cosas de un cierto modo, que luego resulto ser cierto y validado como científico; fue resultado de un proceso de ensayo y error, casi siempre accidentales, ligada más a presiones coyunturales y sociales. También las razones de tipo psicológico se conjugan al querer conquistar un espacio económico mediante el éxito, que es buscado no tanto por los resultados económicos sino por la satisfacción derivada de la posibilidad de crear, de hacer que las cosas se hagan. (Neffa, 2000: 97)

Respecto a la presencia del Estado como elemento esencial vemos que también éste se encontraba en proceso de consolidación frente, al aún fuerte, poder local. En el caso de Puebla la presencia del Estado como forma central de poder no se puso en duda, al contrario el gobierno estatal comulgaba con los preceptos de Díaz. Vimos que los actores locales como fueron los hacendados no pusieron mayor resistencia a las decisiones federales. Sin embargo en el caso de las comunidades indígenas que fueron desplazadas por lo modernidad aún no se sabe mucho, ni tampoco como se dió este proceso tan rápido; en el

---

<sup>2</sup> Los cimientos de la industria de suministro eléctrico ya habían quedado firmemente establecidos en 1900. S. Z. Ferranti en Gran Bretaña y George Westinghouse en Estados Unidos se habían dado cuenta que el futuro de la industria, al igual que el de la industria de gas, unos ochenta años atrás, no estaba en la generación local sino en la generación en grandes estaciones centrales que abastecieran a grandes áreas. Implícita en esta concepción estaba la transmisión de altas tensiones para evitar excesivas pérdidas de energía.

lapso de tres años varios pueblos fueron desaparecidos bajo el agua.. Solamente se sabe que en la revolución maderista estaban presentes.

Por último, he de reconocer que el trabajo refleja muchas limitaciones entre ellas la necesidad de un acercamiento y búsqueda en los acervos históricos. Así como una mayor reflexión en torno a las fuentes A pesar de ello considero que la información que puede ofrecer el material del Archivo Histórico del Agua puede dar lugar al descubrimiento de múltiples realidades que aún falta revelar. Pero también estoy segura que la reflexión de cómo se puede abordar las diferentes problemáticas debe ser una tarea cotidiana del historiador.